



INFORME FINAL

CALIDAD DEL AIRE ALAJUELA

Ing: Jaime Andrés Méndez Piedra.



Justificación:

Fundamento: La Universidad Técnica Nacional realiza una medición de la contaminación el cantón central de Alajuela, para tal fin se escogieron siete puntos de la ciudad, dicho estudio se realizó en el mes de octubre de 2013, o sea, en la época lluviosa.

La escogencia de los lugares tuvo como criterio-ubicar espacios con alto nivel de representatividad para respira la mayor parte de la población.

En los países desarrollados las mediciones de calidad del aire son frecuentes, al menos tres meses durante el año. Por su parte de contaminantes en el ámbito costarricense en provincias como San José y Heredia se llevan registros de mediciones de contaminantes en los últimos años, sin duda, ante la ausencia de la referida información en el contexto del cantón central de Alajuela se hace evidente la pertinencia social de este estudio.

En virtud de lo expresado, en el Departamento de Investigación de La Universidad Técnica Nacional se ha decidido realizar este estudio de tanta importancia para la comunidad; como es sabido la contaminación del aire aumenta el riesgo de diversas enfermedades respiratorias y del corazón, entre otras.

Se tomó como criterio guía el de la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC, según sus siglas en inglés), que forma parte de la Organización Mundial de la Salud (OMS). De acuerdo con datos de la Revista SINC, en su publicación la ciencia es noticia, edición del 10/10/2013 se ha clasificado la contaminación del aire como carcinógeno para las personas ubicado en el Grupo 1. Esta decisión supone que la polución se clasifica en el Grupo 1 de la categorización estándar de la IARC para evaluar los compuestos o factores físicos que pueden ser carcinógenos para los seres humanos, lo anterior, en función de las pruebas científicas.

Así, el Grupo 1 congrega a factores carcinógenos para el ser humano, mientras que el Grupo 4 incluye agentes probablemente no causantes de cáncer. La IARC ha tomado esta decisión, recogida en el Volumen Monográfico 109, después del análisis de un grupo de expertos en reuniones durante una semana en Lyon (Francia), de allí se obtiene la literatura científica más reciente para evaluar la carcinogenicidad de la contaminación atmosférica.

Palabras claves:

Concepto de Contaminación, medición de contaminantes por fuentes móviles, problemas en la salud generado por la contaminación.

OBJETIVOS DEL PROYECTO:

La contaminación del aire proveniente de la actividad humana es tan vieja como nuestra habilidad de hacer fuego, se incrementó con la Revolución Industrial y ha venido creciendo con los años.

La contaminación atmosférica se define como la presencia en el aire de toda materia o energía en cualquiera de sus estados físicos y formas, que al incorporarse o actuar en la atmósfera, altere o modifique su composición y condición natural (INE, 2000).

De acuerdo con las leyes físicas, la contaminación se puede asimilar, transformar o eliminar, de tal modo que los sistemas permanecen en equilibrio. Sin embargo, en muchos casos las emisiones de grandes cantidades de sustancias a la atmósfera han rebasado la capacidad de equilibrio de este sistema, ocasionando con ello la alteración del ambiente natural (Kathryn et al; 2004

Según estudios realizados por Zaidett Barrientos Llosa, investigadora del Laboratorio de Ecología Urbana, Vicerrectoría de Investigación, UNED; dice que, si hablamos de la contaminación atmosférica, el 75% se debe al uso de combustibles. El aumento en la flota vehicular se presenta principalmente por un incremento en los vehículos de uso particular (Liao, 2008).

La flota vehicular se considera la principal fuente de contaminación atmosférica pues genera 75% de la contaminación (Alfaro, 2001; MIDEPLAN, 2008).

La contaminación del aire a diferencia de otros problemas ambientales como la contaminación del suelo por sustancias tóxicas puede en muchos casos percibirse con facilidad, especialmente en los conglomerados urbanos.

Sin embargo, más allá de ver el aire sucio, es necesario evaluar de manera cuantitativa su calidad, a través de la medición de los niveles en los que se presentan, tanto espacial como temporalmente, los contaminantes que tienen efectos sobre la salud.

Los contaminantes del aire se han clasificado como contaminantes criterio y contaminantes no criterio. Los contaminantes criterios se han identificado como perjudiciales para la salud y el bienestar de los seres humanos.

Se les llamó contaminantes criterio porque fueron objeto de evaluaciones publicadas en documentos de calidad del aire en los Estados Unidos (EEUU), con el objetivo de establecer niveles permisibles que protegieran la salud, el medio ambiente y el bienestar de la población. Actualmente el término “contaminantes criterio” ha sido adoptado en muchos países.

Los siguientes son los contaminantes criterios los cuales fueron medidos durante el estudio:

Dióxido de azufre: Gas incoloro con olor picante que al oxidarse y combinarse con agua forma ácido sulfúrico, principal componente de la lluvia ácida. Irrita los ojos y el tracto respiratorio. Reduce las funciones pulmonares y agrava las enfermedades respiratorias como el asma, la bronquitis crónica y el enfisema.

Dióxido de nitrógeno: gas café rojizo de olor picante que al oxidarse y sufrir reacciones fotoquímicas se combina con agua y forma ácido nítrico y otros compuestos. Irrita los pulmones, agrava las enfermedades respiratorias y cardiovasculares.

Monóxido de carbono: Gas incoloro e inodoro producto de la combustión incompleta, que se combina con la hemoglobina para formar la carboxihemoglobina y puede llegar a concentraciones letales. La carboxihemoglobina afecta al sistema nervioso central provocando cambios funcionales, cardiacos y pulmonares, dolor de cabeza, fatiga, somnolencia, fallos respiratorios y hasta la muerte.

Cromo: es un metal. Se le llama un “elemento traza esencial” porque muy pequeñas cantidades de cromo son necesarias para la salud de los seres humanos. Los problemas ecológicos con el Cr (VI) están relacionados con el desarrollo industrial en general y con la industria de cromo en particular. Esta forma del cromo, puede alterar seriamente el equilibrio biológico causando efectos tóxicos tanto en plantas como en animales, ya que es rápidamente absorbido por las membranas biológicas.

Las industrias relacionadas con el cromo (curtiembres, galvanoplastías, metalúrgicas, producción de pigmentos, fertilizantes e incineración de productos industriales como aceites y cueros) son consideradas contaminantes para el suelo y las aguas superficiales.

Estudios realizados en trabajadores expuestos a compuestos de Cr(VI) en procesos de soldadura de aceros, en la producción de pigmentos y otras ocupaciones industriales, revelaron su poder mutagénico, pudiendo producir lesiones en la piel, enfermedades pulmonares y varias formas de cáncer. Sin embargo, este problema no está restringido únicamente a los operarios de la industria del cromo. Durante el proceso de producción una gran cantidad de este elemento es liberada la atmósfera, suelos y ríos, pudiendo el Cr(III), forma menos tóxica, oxidarse a Cr(VI) por acción de la materia orgánica, convirtiéndose en una amenaza para el resto de la población.

El agua potable generalmente contiene los mismos niveles de cromo que las aguas superficiales y subterráneas, de las cuales se extrae. En nuestro país los niveles máximos de cromo en agua (en la

forma de Cr (VI)), establecidos por el Código Alimentario Nacional, son de 50 µg/l para agua potable.

Plomo: metal pesado que se presenta en forma de polvo, aerosol o vapor. Se acumula en los órganos del cuerpo, causa anemia, lesiones en los riñones y el sistema nervioso central (saturnismo). Es de alta toxicidad que ocasiona una diversidad de trastornos, especialmente en niños pequeños. Puede afectar el sistema nervioso y causar problemas digestivos. Ciertos productos químicos que contienen plomo son cancerígenos. El plomo también ocasiona daños a la fauna y flora silvestres.

El contenido de plomo de la gasolina se ha ido eliminando gradualmente, lo que ha reducido considerablemente la contaminación del aire. Sin embargo, la inhalación e ingestión de plomo puede tener lugar a partir de otras fuentes, tales como la pintura para paredes y automóviles, los procesos de fundición, la fabricación de baterías de plomo, los señuelos de pesca, ciertas partes de las balas, algunos artículos de cerámica, las persianas venecianas, las cañerías de agua y algunas tinturas para el cabello.

cadmio es un elemento natural de la corteza terrestre. Generalmente se encuentra como mineral combinado con otros elementos tales como oxígeno (óxido de cadmio), cloro (cloruro de cadmio) o azufre (sulfato de cadmio, sulfuro de cadmio).

Todos los suelos y rocas, incluso el carbón y abonos minerales, contienen algo de cadmio. La mayor parte del cadmio que se usa en los Estados Unidos se extrae durante la producción de otros metales como el cinc, plomo y cobre. El cadmio no se corroe fácilmente y tiene muchos usos, por ejemplo, en baterías, pigmentos, revestimiento de metales y plásticos.

La exposición al cadmio ocurre principalmente en lugares de trabajo en donde se manufacturan productos de cadmio. La población general está expuesta al respirar humo de cigarrillo o ingerir alimentos contaminados con cadmio. El cadmio daña los riñones, los pulmones y los huesos. El cadmio se ha encontrado en por lo menos 1,014 de los 1,669 sitios de la Lista de Prioridades Nacionales identificados por la Agencia de Protección Ambiental (EPA).

Arsénico: El arsénico es un elemento natural ampliamente distribuido en la corteza terrestre. En el ambiente, el arsénico se combina con oxígeno, cloro y azufre para formar compuestos inorgánicos de arsénico. El arsénico en animales y en plantas se combina con carbono e hidrógeno para formar compuestos orgánicos de arsénico.

La inhalación de niveles altos de arsénico inorgánico puede producir dolor de garganta e irritación de los pulmones.

La ingestión de niveles muy altos de arsénico puede ser fatal. La exposición a niveles más bajos puede producir náusea y vómitos, disminución del número de glóbulos rojos y blancos, ritmo cardíaco anormal, fragilidad capilar y una sensación de hormigueo en las manos y los pies.

La ingestión o inhalación prolongada de niveles bajos de arsénico inorgánico puede producir oscurecimiento de la piel y la aparición de pequeños callos o verrugas en la palma de las manos, la planta de los pies y el torso.

El contacto de la piel con arsénico inorgánico puede producir enrojecimiento e hinchazón

Compuestos orgánicos volátiles (COV) (Volatile Organic Compounds (VOCs).

Los compuestos orgánicos volátiles o VOCs son compuestos químicos orgánicos cuya composición hace posible para que se evaporen en condiciones atmosféricas normales en interiores de temperatura y presión, esta es la definición general de compuestos orgánicos volátiles que se utiliza en la literatura científica, y es consistente con la definición usada para la calidad del aire interior. Puesto que la volatilidad de un compuesto es generalmente más alta la temperatura menor es su punto de ebullición, la volatilidad de los compuestos orgánicos se define a veces y clasificados por sus puntos de ebullición.

Por ejemplo, la Unión Europea utiliza el punto de ebullición, en lugar de su volatilidad en su definición de COV. Un COV es cualquier compuesto orgánico que tiene un punto de ebullición inicial inferior o igual a 250 ° C a una presión atmosférica de referencia de 101,3 kPa. 5, 6, 7

Los COV buscados en el aire de la provincia fueron benceno, tolueno, O-xileno, m-xileno, p-xileno.

Particulados PM-10 Una parte importante de los problemas de calidad del aire que se plantean a día de hoy están relacionados con el material particulado atmosférico (PM) o los aerosoles atmosféricos. Estas circunstancias son especialmente comunes en el ámbito urbano, principalmente asociado al tráfico, aunque también se derivan problemas de distintas actividades industriales e, incluso, por episodios de índole natural. La complejidad del PM, que en realidad es una mezcla de partículas con distinta composición química, tamaño, morfología y propiedades da lugar a un problema difícil de abordar y que requiere una atención prioritaria

Metodología

El muestreo se realizó en siete puntos diferentes de la ciudad de Alajuela y el muestreo se efectuó del 22 de octubre al 01 de noviembre del 2013, las condiciones climatológicas durante el muestreo fueron las siguientes:

Tabla N°1 Información climatológica*.

Mes	Temperatura media °C		Precipitación total media (mm)	Número medio de días de precipitación
	Mínima diaria	Máxima diaria		
Octubre	17.6	27.1	338.5	25.5

*Datos según Instituto Nacional de Meteorología.

Es importante detallar que octubre fue el segundo mes en precipitación total el primero fue setiembre con 340.6 (mm).

En los resultados de los muestreos del aire va a influenciar el clima cuando hablamos de clima no es lo mismo que hablar de tiempo. El tiempo se refiere al estado de la atmósfera durante un corto periodo de tiempo mientras que el clima hace referencia a los valores medios de las condiciones del tiempo para un lugar concreto durante un periodo de varios años y está descrita por siete valores estrechamente relacionados entre sí: temperatura, presión atmosférica, vientos, humedad, nubes, visibilidad y precipitación.

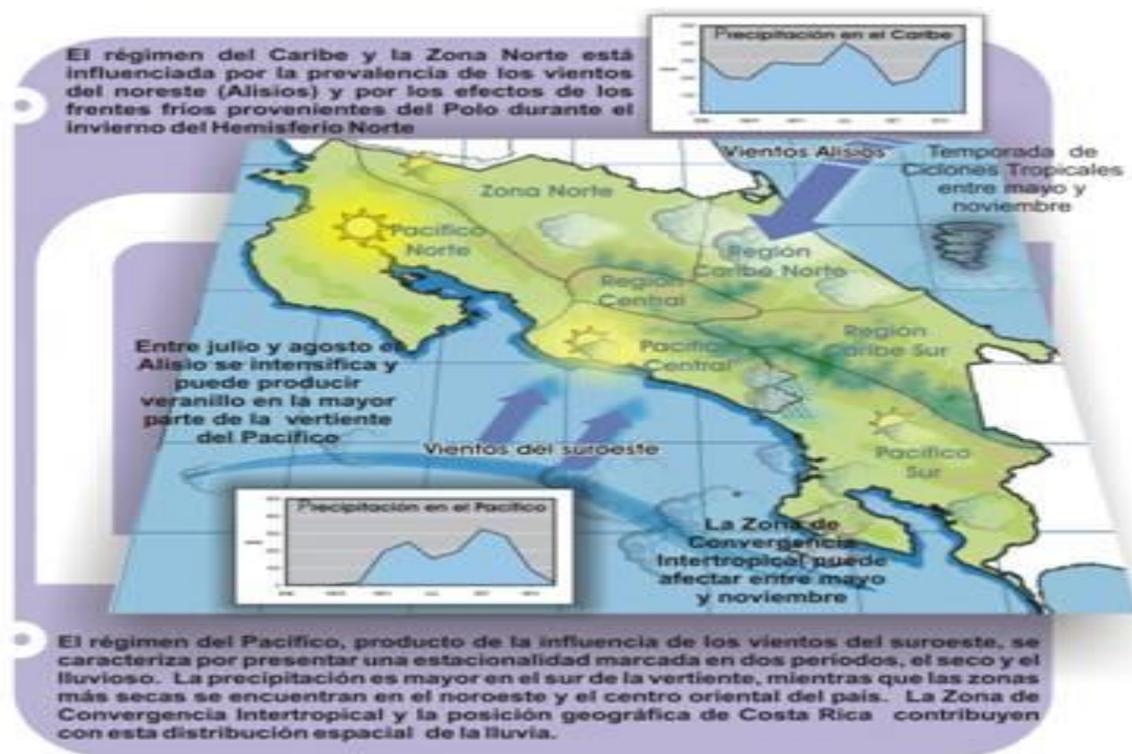
En las últimas décadas, los ciclos naturales de oscilación en la temperatura y la precipitación, se han visto caracterizados por fuertes variaciones que conducen a extremos climáticos y meteorológicos en diferentes partes del planeta. El efecto antropogénico, asociado a la contaminación con gases de efecto invernadero, es uno de los generadores de estas marcadas oscilaciones de la variabilidad climática. De hecho, algunos científicos coinciden en que los efectos de la variabilidad climática interanual, se están mezclando y potenciando con los efectos del cambio climático (Zwiers et al 2003, Sinha Ray y De 2003, IPCC 2007).

El clima y las regiones climáticas de Costa Rica

Geográficamente, la franja planetaria comprendida entre los paralelos Trópico de Cáncer y Trópico de Capricornio, se define como Zona Tropical. La ubicación de nuestro país en esta región le confiere características tropicales a su entorno ecológico: bosques, red hidrográfica, suelos y clima. La fauna y la flora que se adapta a estas condiciones, son, por lo tanto, de tipo tropical. El clima tropical de nuestro país, es modificado por diferentes factores como el relieve (la disposición

de las montañas, llanuras y mesetas), la situación con respecto al continente (condición ístmica), la influencia oceánica (los vientos o las brisas marinas, la temperatura de las corrientes marinas) y la circulación general de la atmósfera (IGN 2005). La interacción de factores geográficos locales, atmosféricos y oceánicos son los criterios principales para regionalizar climáticamente el país. La orientación noroeste-sureste del sistema montañoso divide a Costa Rica en dos vertientes: Pacífica y Caribe. Cada una de estas vertientes, presenta su propio régimen de precipitación y temperaturas con características particulares de distribución espacial y temporal (Manso et al 2005).

Régimen Pacífico



Se caracteriza por poseer una época seca y una lluviosa bien definidas. La seca se extiende de diciembre hasta marzo. Abril es un mes de transición. El mes más seco y cálido es marzo. El inicio depende de la ubicación latitudinal, ya que comienza primero en el noroeste de la vertiente y de último en el sureste. Lo contrario sucede con el inicio de la época lluviosa.

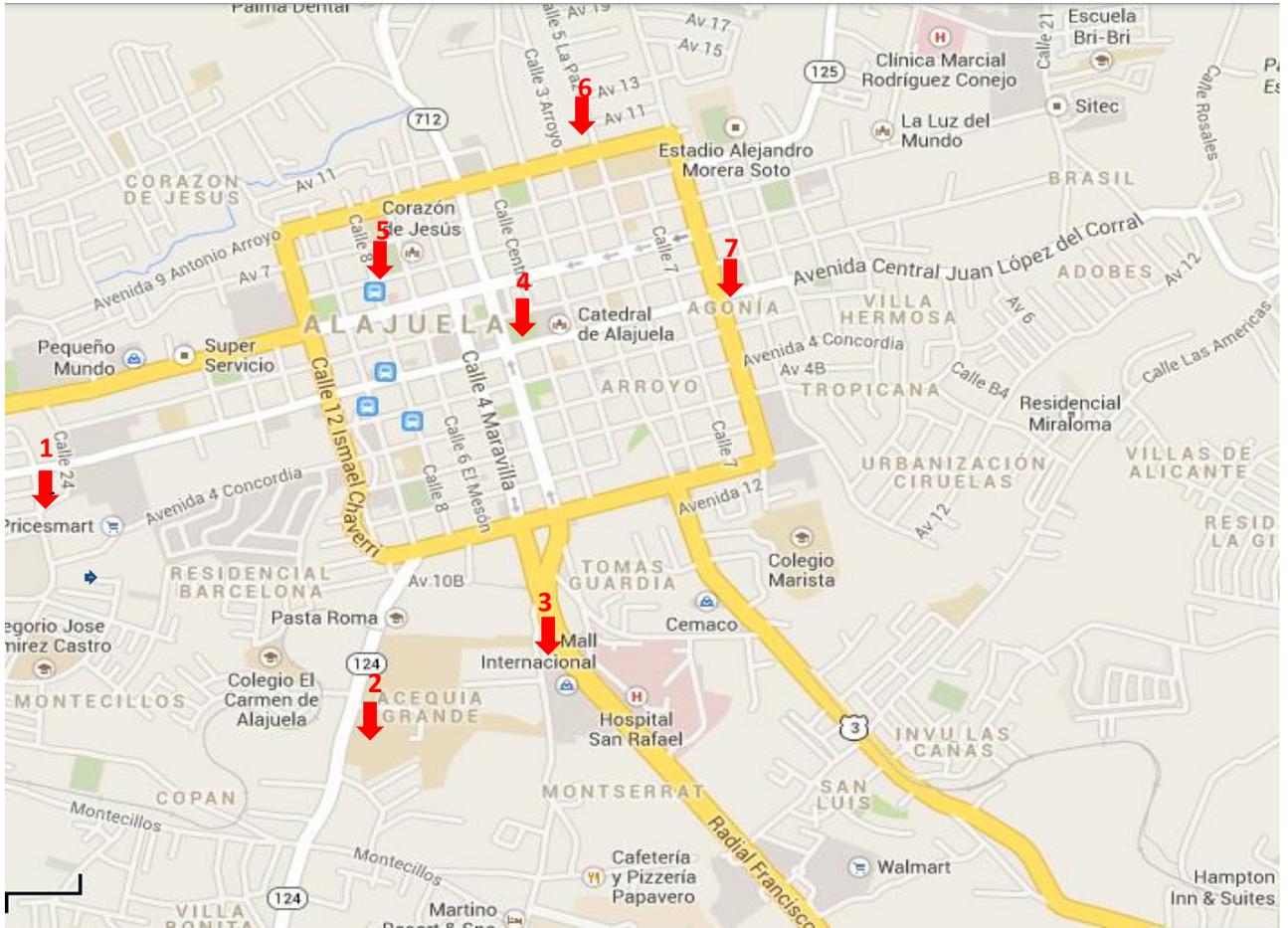
Basado en lo anterior el trabajo que se presenta son los resultados de los análisis en la época lluviosa del año, y el resultado de los análisis está influenciado por lo anterior.

Los sitios de muestreo escogidos estas basados en las indicaciones del artículo 6 del decreto 30221-S. “Artículo 6.- Representatividad de las Estaciones de Muestreo. El emplazamiento de las estaciones de muestreo se ajustará a las siguientes disposiciones:

1. 1. Deberán situarse las estaciones cercanas a zonas industriales o bien en núcleos urbanos con alta densidad de tráfico vehicular.
2. 2. Las estaciones de vigilancia de ozono deberán ubicarse vientos abajo de las emisiones de hidrocarburos y alejadas de zonas con alta emisión de NO/NO₂.
3. 3. Deberán situarse estaciones urbanas con medida de NO/NO₂ y CO en puntos representativos de la ciudad en donde predomine la influencia de la contaminación debida al automóvil y en particular, en calles encajonadas con fuerte densidad de tráfico y los puntos de cruce principales.

Basados en lo anterior se eligieron los siguientes puntos de muestreo:

1. Supermercado Price Smart.
2. Universidad Técnica Nacional (sede central).
3. Mall Internacional.
4. Edificio de aulas Universidad técnica Nacional.
5. Clínica San Miguel.
6. Edificio de la corte.
7. Iglesia la Agonía. Se instaló equipo especial para la recolección de las muestras 24 horas.



Los análisis hechos en cada uno de los puntos son los siguientes:

1. Análisis inmisiones que incluye: Partículas menores o iguales a $10\mu\text{m}$ (PM-10), Pb, Cd, Hg,As, Cr.
2. Análisis inmisiones que incluye: Dióxido de azufre (SO₂).
3. Análisis inmisiones que incluye: Óxidos de nitroso (NO_x).
4. Análisis inmisiones que incluye: monóxido de carbono (CO).
5. Análisis inmisiones que incluye: compuestos orgánicos volátiles (COV's)

Los métodos de análisis utilizados para la determinación son los siguientes:

1. PMA 022 Partículas PM-10 en aire ambiente, método modificado basado en:Code of Federal Regulations 40, Part 50, appendix B, revised July 1, 2000, U.S.A.

2. PMA 031 Dióxido de azufre, método modificado basado en: Método 704B. Métodos normalizados para el análisis y muestreo de aire. AWMA, ACS, APWA, ASME, AOAC.
3. PMA 032 Dióxido de nitrógeno, método modificado basado en: Método 406. Métodos normalizados para el análisis y muestreo de aire. AWMA, ACS, APWA, ASME, AOAC.
4. PMA 034 Monóxido de Carbono, método modificado basado en: Code of Federal Regulations 40, Part 50, appendix C, revised July 1, 2000, U.S.A.
5. PMA-037 Metales en material particulado, método modificado basado en: Método 303A. Métodos normalizados para el análisis y muestreo de aire. AWMA, ACS, APWA, ASME, AOAC.
6. PMA 049 Determinación de compuestos orgánicos volátiles en aire mediante tubo de desorción térmica: Método TO-17 "Determination of Volatile Organic Compounds in Ambient air Using Active Sampling Onto Sorbent Tubes" Environmental Protection Agency: Estados Unidos, 1999.

Resultados de Análisis:

En Costa Rica, existe el Decreto 30221-SALUD "Reglamento sobre Inmisión de Contaminantes Atmosféricos", publicado el 21 de marzo de 2002 en el alcance 25 del Diario Oficial LaGaceta, el cual en el artículo número 1 Define claramente su objetivo "Este Reglamento Técnico tiene por objeto establecer los valores máximos de inmisión del aire (calidad del aire), que deben regir para preservar y mantener la salud humana, animal o vegetal, los bienes materiales del hombre o de la comunidad y su bienestar, así como disponer las medidas correctivas cuando se sobrepasen los valores máximos de inmisión o se produzcan contingencias ambientales"

En la introducción de dicho decreto brinda cuatro consideraciones en las cuales se basó la Universidad Técnica Nacional para realizar este estudio y las cuales se transcriben:

1. Que el aire es un elemento indispensable para la vida y, por lo tanto, su utilización debe estar sujeta a unas normas que eviten el deterioro de su calidad, de tal manera que se preserve su pureza dentro de unos límites que no perturben el desarrollo normal de los seres vivos sobre la tierra, ni atenten contra el patrimonio natural ni artístico de la humanidad.
2. Que el incremento de la contaminación, principalmente en la Gran Área Metropolitana y zonas adyacentes, requiere de una acción urgente que logre su contención dentro de

niveles máximos tolerables a fin de evitar perjuicios a la salud de la población y al ambiente.

3. Que el potencial de contaminación atmosférica que pueden generar las emisiones producidas por las actividades industriales, comerciales y de servicios, justifica la adopción de medidas de vigilancia y control más estrictas sobre la calidad del aire, niveles de emisión de sustancias contaminantes, calidad de los combustibles y carburantes utilizados, fabricación, reparación y homologación de motores, transformación de energía y otras fuentes fijas y móviles de emisión de contaminantes.
4. Que el conocimiento, prevención y disminución del problema, requiere de un enfoque técnico-legal, que defina los correspondientes niveles máximos permitidos de Inmisión (calidad del aire), que le permitan a las autoridades sanitarias y de otras instituciones conocer, controlar, vigilar y tomar las medidas correctivas y preventivas correspondientes en caso de que se produzcan contingencias ambientales, según lo dispuesto en el artículo 61 de la Ley Orgánica del Ambiente No.7554, tendientes a proteger la salud pública y el ambiente.

En dicho reglamento se dan las siguientes normas de calidad del aire:

Tabla N°2 Niveles máximos para los contaminantes del aire en Costa Rica según decreto 30221-S.

Contaminante	Valores Limite		
	Exposición Aguda		Exposición crónica
	Concentración y tiempo promedio	Frecuencia máxima aceptable	(Para la protección de la salud de la población susceptible)
Dióxido de azufre (SO ₂)	365 µg/m ³ (24 horas)	Sin sobrepasar más de una vez al año.	80µg/m ³ (promedio anual)
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	400 µg/m ³ (1 hora)	Sin sobrepasar más de una vez al año.	100µg/m ³ (24 horas)
Monóxido de carbono (CO)	40 µg/m ³ (1 hora)	Sin sobrepasar más de una vez al año.	10 mg/m ³ (promedio aritmético en 8 horas)
Partículas PM-10	150 µg/m ³	Sin	50 µg/m ³

	(24 horas)	sobrepasar más de una vez al año	(promedio anual)
Ozono	160 µg/m ³ (1 hora)	Sin sobrepasar más de una vez al año	

Resultados obtenidos:

Los análisis fueron realizados por el Laboratorio de Análisis Ambiental de la Escuela de Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional laboratorio acreditado por ECA y es acreditado a partir de: 10.10.2005.

Tabla N°3 Resultados obtenidos

Análisis	Unidades	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6	Muestra 7	Valor máximo permisible
PM-10	µg/Nm ³	30±3	31±3	21±3	19±3	21±3	19±3	27±3	100 µg/Nm ³
SO ₂ activo	µg/Nm ³	<9	<9	<9	<9	<9	<9	<9	365
NO ₂ activo	µg/m ³	22±2	19±2	13±1	14±1	15±2	15±1	18±1	100
Cromo (PM-10)	ng/m ³	7.3±0.7	8.7±0.9	5.0±0.5	3.9±0.4	8.9±0.9	12±1	6.4±0.6	
Plomo (PM-10)	ng/m ³	3.5±0.3	5.0±0.5	3.4±0.3	21±2	5.5±0.6	2.3±0.2	2.6±0.3	
Cadmio (PM-10)	ng/m ³	0.56±0.06	0.71±0.07	0.41±0.04	0.017±0.002	0.51±0.05	0.61±0.06	0.39±0.04	
Arsénico (PM-10)	mg/m ³	Nd*	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd
Benceno	mg/m ³	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd
Tolueno	mg/m ³	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd
o-xileno	mg/m ³	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd
m-xileno	mg/m ³	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd
p-xileno	mg/m ³	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2

Nd: no se detecto

Basados en los resultados de los análisis podemos hacer los siguientes comentarios:

1. Las concentraciones de algunos contaminantes criterio del aire registrados en los sitios de monitoreo localizados no superan las normas establecidas para 24 horas (exposición aguda)
2. Sin embargo, en el análisis de particulados PM-10 se encontraron metales pesados, como dijimos anteriormente las PM-10 son partículas de diámetro menor o igual a 10 micrones (un micrón es la milésima parte de un milímetro). Por su tamaño, el MP10 es capaz de

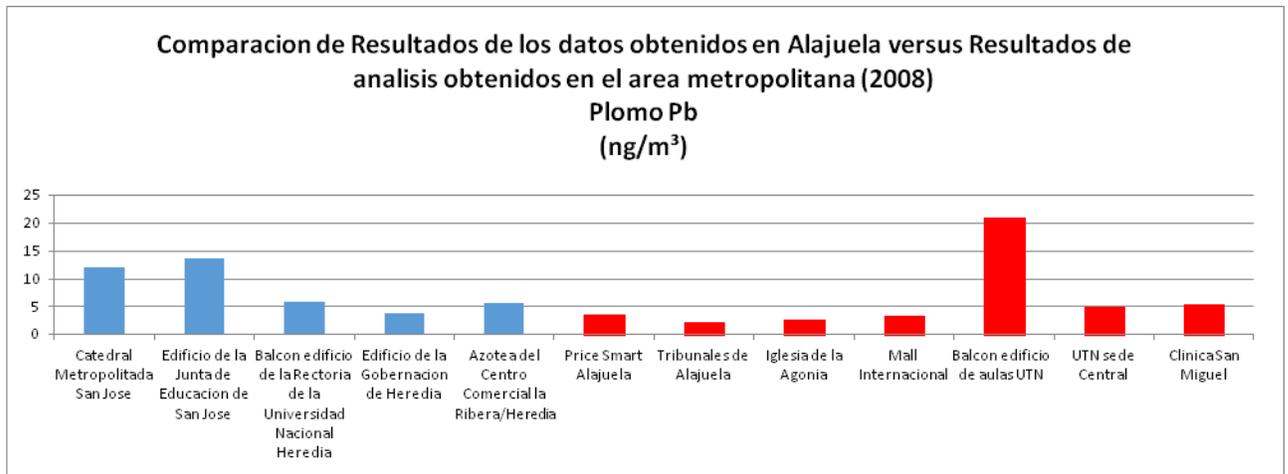
ingresar al sistema respiratorio del ser humano. Mientras menor sea el diámetro de estas partículas, mayor será el potencial daño en la salud.

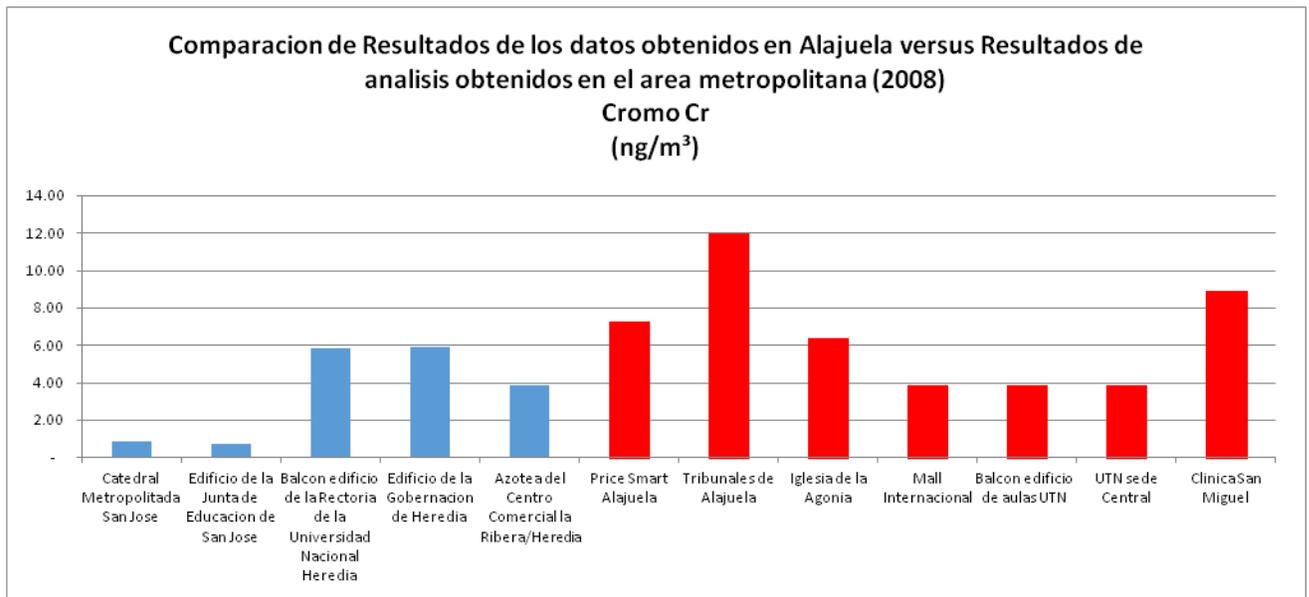
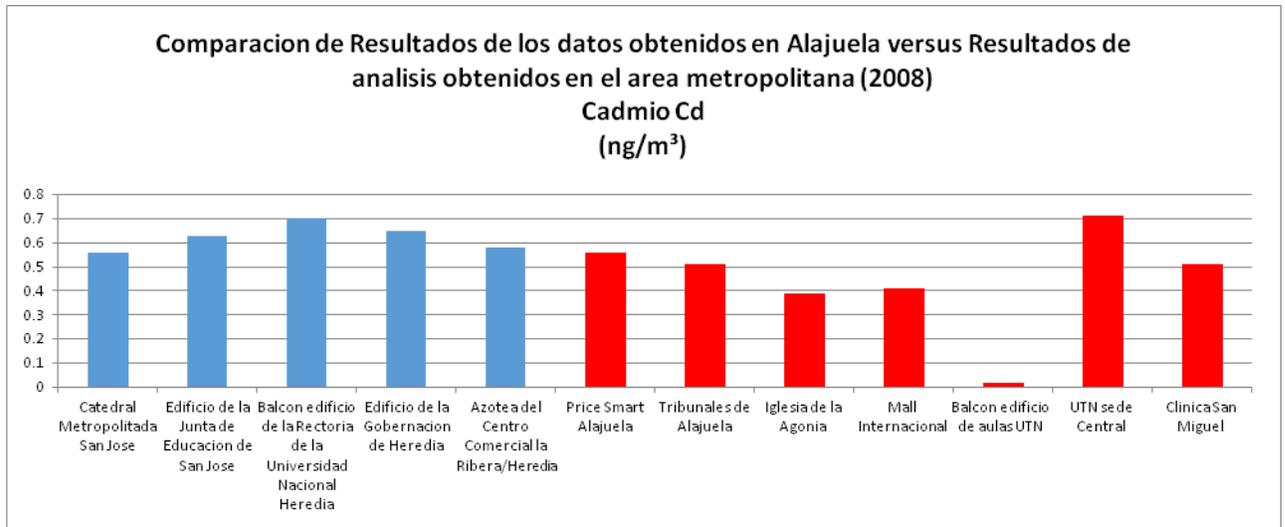
Podemos subdividir al Material Particulado en:

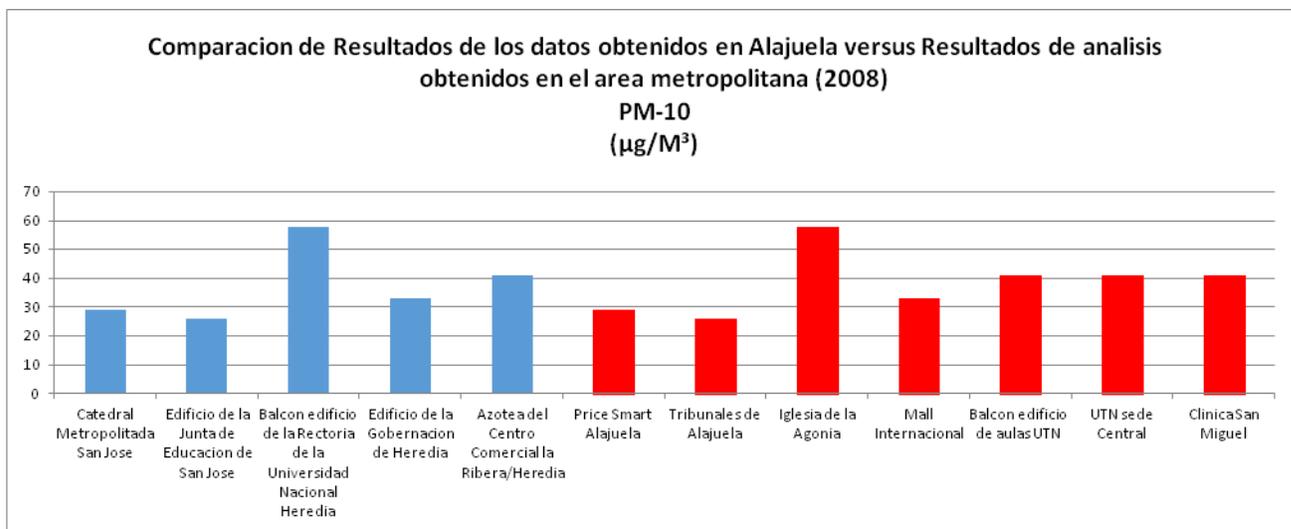
2.1 Fracción gruesa: de 2,5 a 10 micrones. Puede llegar hasta los pulmones.

2.2 Fracción fina: menor a 2,5 micrones. Puede ingresar hasta los alvéolos y luego a la sangre.

Si tomamos como referencia el primer estudio de ambiente del área metropolitana del 2018 en San José y Heredia para poderlo comparar con el obtenido en Alajuela en relación a los metales pesados encontrados en PM-10, para tener una referencia del grado de contaminación de estos metales.







Estos elementos encontrados en los particulados es necesario revisarlos periódicamente y los límites que se establecen para cada contaminante se basan en los análisis exhaustivos de la información existente sobre estudios epidemiológicos, toxicológicos y de exposición, tanto en animales como en seres humanos. A partir de dichos análisis se trata de determinar la relación dosis-respuesta, lo cual incluye la identificación del nivel más bajo de contaminación que es capaz de causar un impacto en la salud de algún grupo de la población.

Por ejemplo, cuál es la concentración más baja de cadmio capaz de producir una disminución (por pequeña que esta sea) en la capacidad respiratoria de individuos susceptibles como los asmáticos. Una vez identificado este límite, se incluye un margen de seguridad para proporcionar mayor certeza de que la inmensa mayoría de la población, si no es que toda, estará protegida si no se rebasa el límite de contaminación así establecido.

Las variantes meteorológicas juegan un papel en los niveles de PM-10 definiendo un comportamiento estacional en los mismos, influenciados principalmente por la velocidad de los vientos la cual marca una diferencia entre la época seca y la época lluviosa de un 35%.

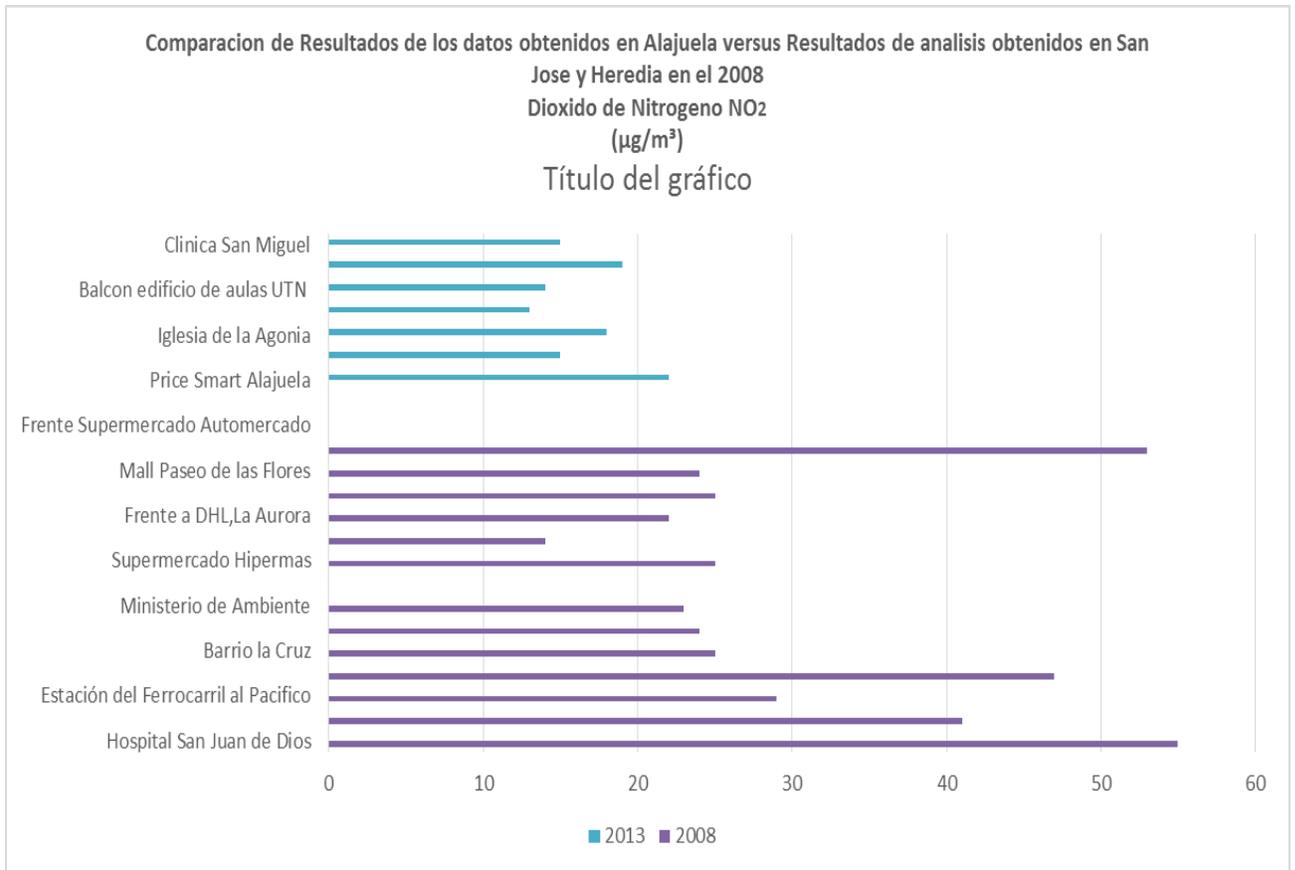
A continuación, usando el mismo estudio se hace una comparación entre los niveles obtenidos de dióxido de nitrógeno en nuestro estudio y en el estudio realizado en el área metropolitana, Los óxidos de nitrógeno son gases inorgánicos que se encuentran presentes en concentraciones significativas en aire ambiente y contribuyen en forma importante a la contaminación atmosférica. En forma gaseosa, los compuestos más importantes son el óxido nítrico (NO), el dióxido de nitrógeno (NO₂) y el óxido nitroso (N₂O), mientras que los nitratos constituyen la forma particulada. El NO y el NO₂ son los gases más importantes en el ambiente urbano producto

principalmente de la quema de combustibles fósiles que acompañan a diferentes actividades antropogénicas. Es conocido que los óxidos de nitrógeno causan diferentes afecciones pulmonares por contacto directo, ya sea a corto o largo plazo además de participar en reacciones secundarias en la atmósfera precursoras de smog, ozono de bajo nivel, radicales libres, lluvia ácida, material particulado fino y compuestos mutagénicos (radicales libres, nitroarenos, nitrosaminas) (Nitta et al., 1993, Pershagen et al., 1995).

La exposición al NO₂ a largo plazo parece causar un aumento de la susceptibilidad humana a las Infecciones bacterianas y víricas, lo que se ha asociado a sus efectos adversos sobre el aclaramiento mucociliar y la función de los macrófagos pulmonares, demostrados en animales de ensayo. Se han detectados efectos inmunosupresores en concentraciones superiores a 5 ppm (Brunekreef et al., 1997; van Vliet et al., 1997).

Los datos obtenidos de estudios en personas sobre los efectos de la exposición a NO₂ en la función pulmonar han sido poco concluyentes, como ha ocurrido asimismo en estudios tendientes a demostrar la mayor sensibilidad de la población asmática a los efectos tóxicos de este contaminante. Sin embargo, esto puede deberse a que los índices de función pulmonar utilizados miden fundamentalmente los cambios en las vías respiratorias principales, mientras que los efectos del dióxido de nitrógeno se producen en los bronquiolos terminales y alvéolos. No se han demostrado efectos genotóxicos de la exposición a NO₂ en animales de laboratorio (Delfino, 2002).

Recientemente se ha descubierto un papel más importante del NO₂ sobre la salud humana de forma indirecta. El NO₂, junto con el ozono, es capaz de reaccionar con las proteínas presentes en el aire para alterar su estructura y conferir a estas la capacidad de provocar alergias o de potenciar el efecto alérgico de algunas proteínas ya por si solas alergénicas. Bajo condiciones de smog urbano se observaron nitraciones in situ de residuos de tirosina de varias proteínas. Como prueba de esto se encontraron proteínas nitradas en el polvo de la calle, ventanas y en material particulado en zonas urbanas. La inhalación y deposición de estas proteínas en el tracto respiratorio humano puede activar respuestas inmunes y propiciar el desarrollo de alergias (Franze et al., 2005).



Conclusión:

Los resultados obtenidos forman parte de una herramienta de trabajo que tiene como propósito general proteger la salud de la población que habita en la provincia de Alajuela, midiendo para ello de manera gradual y permanente los niveles de contaminación atmosférica, esperando que los beneficios repercutan en el bienestar de la población, esperaremos que la Universidad Técnica Nacional lidere los problemas de la contaminación atmosférica con el conocimiento que se tiene hasta ahora de los problemas ambientales. En este documento se presentan los resultados las primeras mediciones tal vez es necesario tomar más muestras de más lugares, tal vez sea importante que los a los entes políticos que toman las decisiones de los planeamientos urbanos formen parte de estos estudios para que los niveles obtenidos no aumenten porque al aumentar afecta directamente la salud y el bienestar de los ciudadanos.

En los países desarrollados las normas de calidad del aire se revisan periódicamente y los límites que se establecen para cada contaminante se basan en los análisis exhaustivos de la información

existente sobre estudios epidemiológicos, toxicológicos y de exposición, tanto en animales como en seres humanos. A partir de dichos análisis se trata de determinar la relación dosis-respuesta, lo cual incluye la identificación del nivel más bajo de contaminación que es capaz de causar un impacto en la salud de algún grupo de la población.

Nosotros tenemos pensado realizar un estudio en la época seca para estudiar las variaciones en las concentraciones y con ello tener más datos por ende aumentar la base de datos instrumento indispensable para la toma de decisiones.