



## Análisis de la composición isotópica de la precipitación en Costa Rica

**Autores:** Ricardo Sánchez-Murillo, Germain Esquivel-Hernández y José Leonardo Corrales Salazar.

### Resumen

La ubicación geográfica y la irregular orografía de Costa Rica se combinan en una serie de microclimas montañosos sustentados por flujos de humedad provenientes tanto del Mar Caribe como del Océano Pacífico. Estos microclimas ofrecen una oportunidad excepcional para el estudio de variaciones isotópicas en precipitación en un escenario tropical. El objetivo de este estudio es determinar la variación en la composición isotópica ( $^{18}\text{O}$  y  $^2\text{H}$ ) en aguas meteóricas en la zona intermontañosa de la provincia de Heredia. La información generada conformará la línea base para futuros estudios hidrológicos en la región, además de mejorar el estado del conocimiento respecto a los factores que controlan las variaciones isotópicas en regiones tropicales y zonas de recarga de mantos acuíferos.

### Gráficas

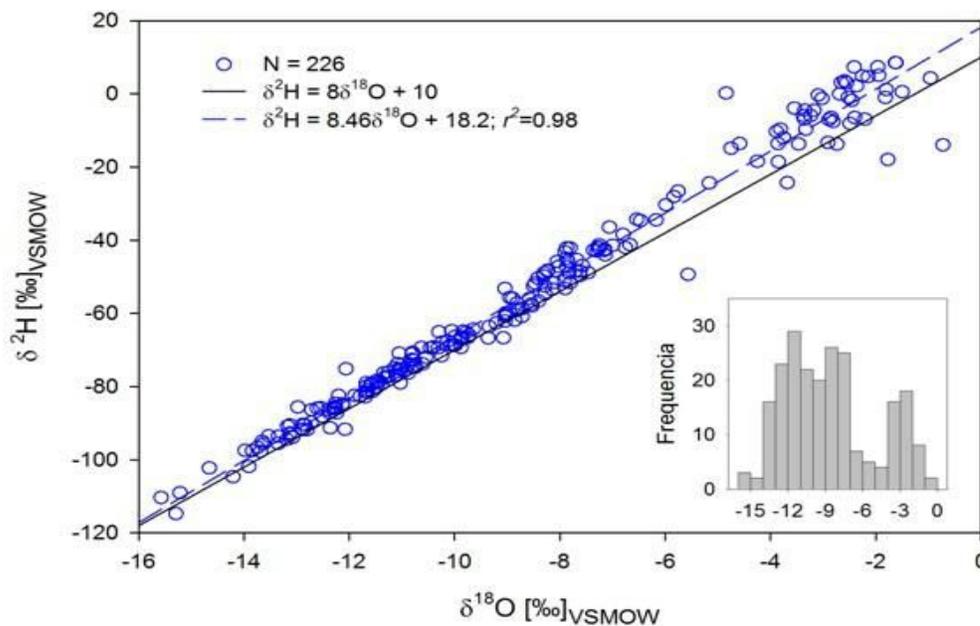


Figura 1. Línea meteórica local para la región intermontañosa de Heredia correspondiente al 2013. El recuadro muestra la distribución de los valores de  $\delta^{18}\text{O}$  (‰). Fuente: Sáenz-Rosales, 2015.



Observatorio Ambiental

## **Emisiones de contaminantes atmosféricos provenientes de calderas**

**Autores:** *Juan Valdés G., Germain Esquivel H., Jose Pablo Sibaja B. y Jorge López Z.*

### **Descripción**

Las emisiones de contaminantes atmosféricos provenientes desde fuentes fijas, como son las calderas, están reguladas por el Reglamento sobre Emisión de Contaminantes Atmosféricos provenientes de Calderas (DE-30222-S-MINAE). La normativa presente en este reglamento es aplicable a calderas que pueden utilizar combustibles fósiles o biomásicos (La Gaceta, 2002) e incluye tres contaminantes primarios atmosféricos: el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y las partículas totales en suspensión (PTS). Las calderas son las fuentes de generación de energía más utilizadas en Costa Rica, por lo que las emisiones debidas a su uso pueden afectar de manera significativa la calidad del aire y la salud de la población en general.

Actualmente la cuantificación de las emisiones provenientes de este tipo de fuentes fijas se realiza sistemáticamente por parte del Ministerio de Salud, y a través de las mediciones in situ que varios laboratorios nacionales prestan como servicio a la industria nacional. Sin embargo, esta información no se ha sistematizado o empleado para la generación de un inventario de emisiones atmosféricas, que por lo menos incluya la tres contaminantes regulados en el Reglamento arriba mencionado.

Tomando como base los análisis realizados entre el 2008 y 2011, el Laboratorio de Química de la Atmósfera de la Universidad Nacional ha preparado un reporte parcial de las emisiones atmosféricas provenientes de fuentes fijas, en el cual se cuantifican en toneladas por año, la cantidad de NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y PTS que se emitieron al aire por las industrias a las que el LAQAT-UNA prestó su servicio. El objetivo general de este trabajo es exponer la metodología empleada para la estimación de las emisiones anuales de estos contaminantes, con base en los datos actualmente disponibles en el LAQAT-UNA, así como sentar las bases para el desarrollo de un inventario nacional, utilizando los datos recopilados por el Ministerio de Salud cada año. Este inventario garantizaría el diseño y ejecución de una campaña permanente de medición de gases de combustión y partículas en chimeneas a nivel industrial para fuentes caracterizadas como grandes emisores (nuevos y existentes), al mismo tiempo que permitiría aplicar otras herramientas para el control de emisiones desde fuentes fijas, tales como la validación de los inventarios generados mediante el la modelación de la dispersión de contaminantes estudiados (Parra, 2004).



Observatorio Ambiental

## Gráficas

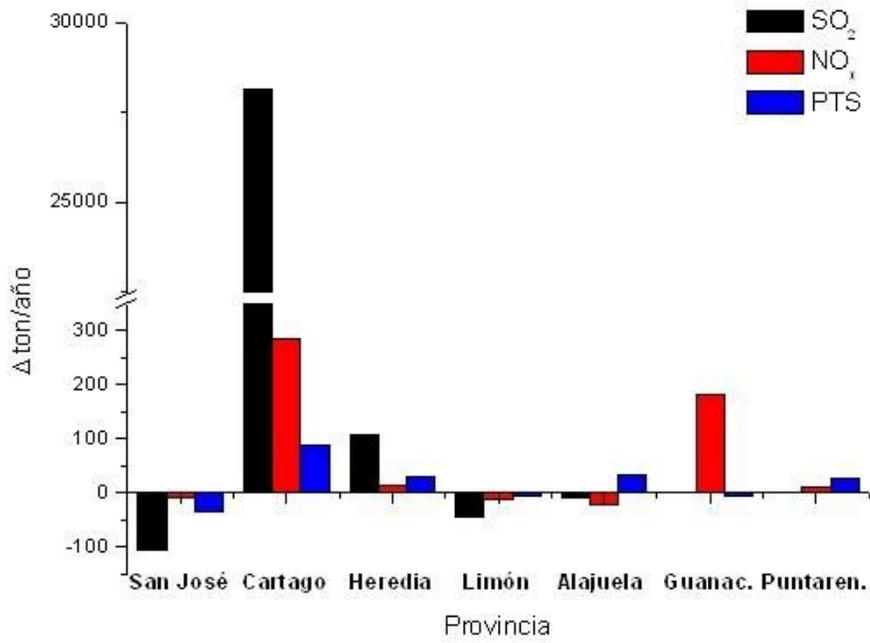
	Asuntos Relevantes	VARIABLES	Indicador
Dimensión: Calidad del aire	Emisiones atmosféricas	Dióxido de azufre	$\Delta$ ton/industria año
		PTS	$\Delta$ ton/industria año
		Óxidos de Nitrógeno	$\Delta$ ton/industria año

**Cuadro 1.** Distribución geográfica de las industrias incluidas en el inventario parcial de emisiones de contaminantes atmosféricos provenientes de calderas para el 2008-2011.

Provincia	Número de Industrias 2008	Número de industrias 2009	Número de industrias 2010	Número de industrias 2011
San José	6	3	6	5
Alajuela	8	4	5	6
Cartago	3	1	2	2
Heredia	5	5	4	4
Guanacaste	1	1	0	0
Puntarenas	8	4	6	7
Limón	4	2	2	1
<b>TOTAL</b>	<b>35</b>	<b>20</b>	<b>26</b>	<b>25</b>



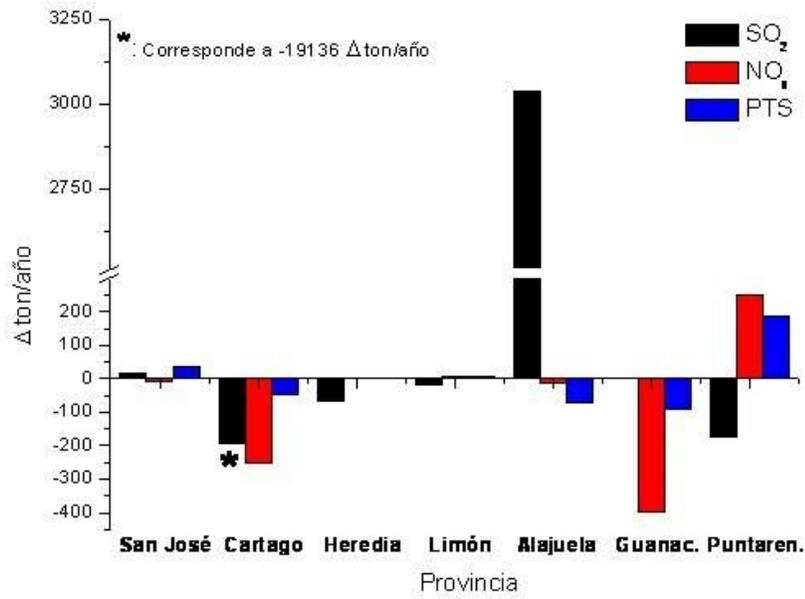
Observatorio Ambiental



**Figura 1.** Variación de las emisiones de contaminantes provenientes de calderas para el periodo 2008-2009.



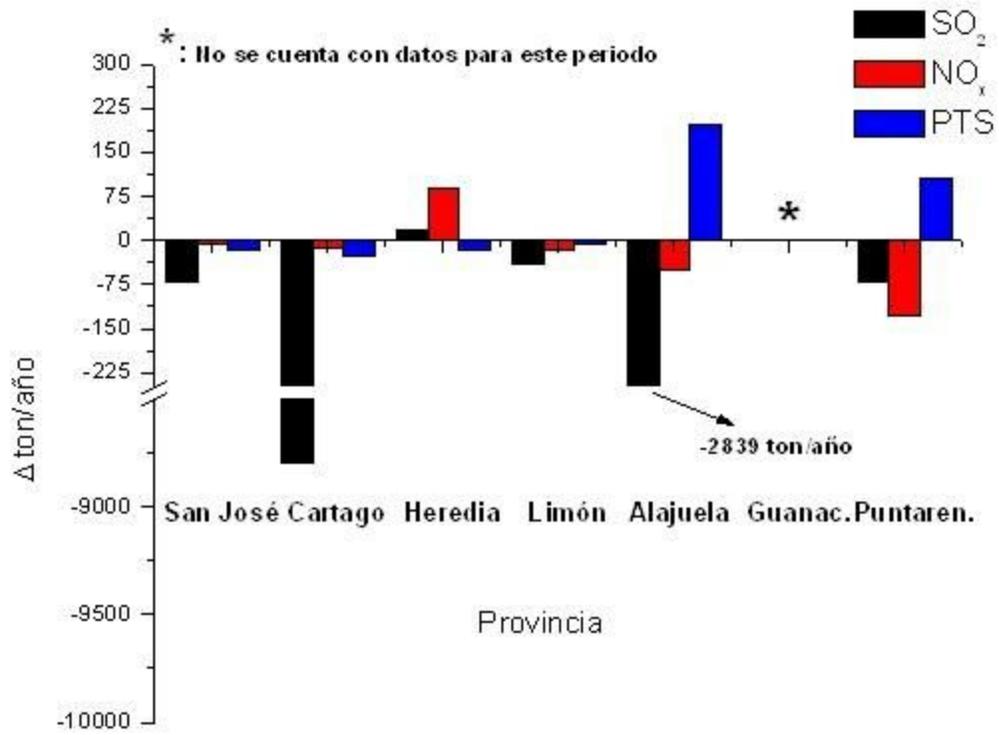
Observatorio Ambiental



**Figura 2.** Variación de las emisiones de contaminantes provenientes de calderas para el periodo 2009-2010.



Observatorio Ambiental



**Figura 3.** Variación de las emisiones de contaminantes provenientes de calderas para el periodo 2010-2011.



Observatorio Ambiental

# Huella de carbono y huella ecológica de la Universidad Nacional de Costa Rica

Autores: *Fabián Chavarría Solera, Rebeca Gamboa Venegas y Jeison Rodríguez Flores.*

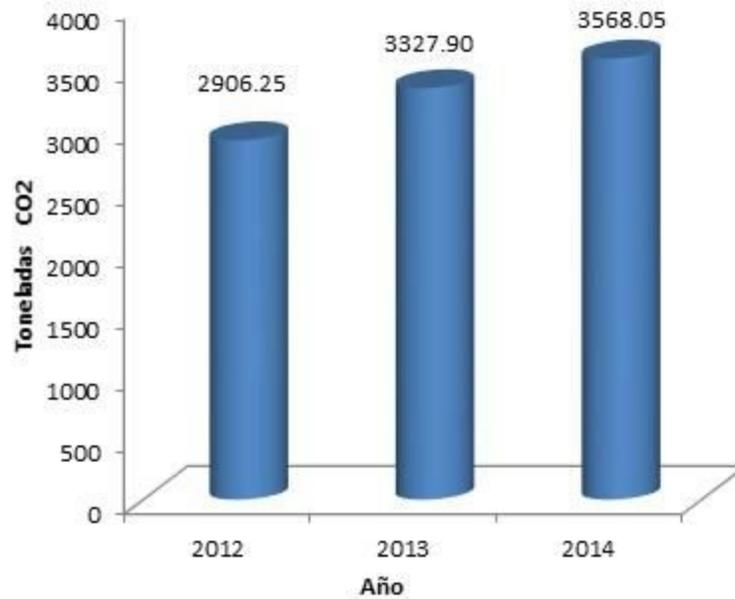
## Resumen

La cuantificación y medición de indicadores ambientales como la Huella de Carbono y huella ecológica permite el implemento de medidas encaminadas hacia una mejora de las condiciones que propician un impacto positivo en el entorno, disminuyendo o mitigando la cantidad de emisiones de dióxido de carbono y de otros gases que aceleran el efecto invernadero. La Universidad Nacional de Costa Rica (UNA) pretende realizar la medición anual de estos indicadores con el fin de poder implementar políticas y acciones que integren a la totalidad de la población universitaria encaminada hacia un buen desarrollo sustentable de la institución. En ese sentido, paralelo a la meta Nacional planteada de C-Neutralidad, la UNA busca aportar en los esfuerzos por mitigar, minimizar o compensar el impacto ambiental, con un compromiso integral de funcionarios y estudiantes. Por tal motivo el objetivo de este estudio es el de cuantificar y actualizar en el periodo de 2012 a 2014 la huella de carbono y ecológica de la UNA para poder analizar y comparar su comportamiento en el tiempo según los aspectos aplicables contemplados en el cálculo. Para el inventario de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) se aplicó la metodología avalada por el Instituto Meteorológico Nacional (IMN), utilizando los factores oficializados, indicados en el manual de Factores de Emisión de Gases de Efecto Invernadero, cuarta edición, 2014, según los factores correspondientes a cada año de estudio. En la medición de la huella ecológica La tasa de fijación anual se calculó utilizando la metodología de Rodríguez y Lawrence, (1998). Como resultado, entre los años 2012 al 2014 se obtuvo un aumento del 22% de la huella de carbono, pasando de 2.906 a 3.568 toneladas CO<sub>2</sub> equivalente y un 11% de aumento en la huella ecológica pasando de 147 a 166 ha/año, lo anterior debido a aumentos en varios aspectos como la cantidad de personas en la institución, así como la contaminación emitida por los viajes aéreos. Con estos resultados se pretende identificar aumentos o disminuciones en las emisiones y establecer estrategias o medidas ambientales específicas para la reducción.



Observatorio Ambiental

## Gráficas.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 1.** Cuantificación de las toneladas de CO2 emitidos por la Universidad Nacional de Costa Rica para los años 2012, 2013 y 2014.

**Cuadro 1.** Resultados del cálculo de la huella ecológica.

Indicadores de Huella Ecológica	Año		
	2012	2013	2014
Huella Ecológica UNA	147 ha/año	159 ha/año	166 ha/año
Huella Ecológica per cápita	0.007 ha/año/ persona	0.007 ha/año/ persona	0.006 ha/año/ persona

Fuente: Elaboración propia.



Observatorio Ambiental

# Promedio anual de concentración de partículas PM<sub>2.5</sub> Área Metropolitana de Costa Rica

*Autor: Jorge Herrera Murillo.*

## Resumen

Se utilizaron equipos portátiles (Minivol, marca Air Metrics) autónomos con batería que operan a un flujo de 5 litros por minuto. La separación de la fracción de PM<sub>2.5</sub> se realiza mediante un cabezal tipo impactor. La duración de cada muestreo es de  $24 \pm 2$  horas. La calibración del flujo se realizó con un calibrador primario marca BIOS al inicio y finalización del muestreo. Para cada uno de los muestreos se tomaron registros de las condiciones de temperatura y presión atmosférica con la ayuda de un anemómetro (marca KESTREL modelo 5000), para posteriormente realizar las correcciones de volumen, a 1 atm de presión y 25°C de temperatura.

Todos los filtros se acondicionaron al menos 24 horas en una desecadora bajo las siguientes condiciones: temperatura 15-30°C y humedad menor al 40%, antes de ser pesados en balanza analítica, al inicio y después de cada uno de los muestreos.

El transporte de los filtros se realizó en cajas petri Millipore como portafiltros. Los filtros fueron manipulados con guantes de nalgano, tanto durante el muestreo como en su análisis en el laboratorio.

Las partículas con diámetros menores o iguales a 2,5 mm (PM<sub>2,5</sub>) registran concentraciones (cuadro 1) que incumplen la normativa internacional tanto para exposición aguda como crónica, en cuatro de los cinco sitios de monitoreo ubicados en el área metropolitana: Edificio Municipalidad de San José, Compañía Nacional de Fuerza y Luz, Rectoría de la UNA en Heredia y La Asunción en Belén. Es importante aclarar que el decreto 30221-S no contempla valores criterio para este contaminante. De esta forma de cada 100 días en donde se realizó monitoreo de la calidad del aire en los cuatro sitios antes mencionados, solamente en 83, 80, 78 y 75 días respectivamente se cumplen las normas internacionales para PM<sub>2,5</sub>. La relación entre la concentración de partículas PM<sub>2,5</sub> con respecto a las PM<sub>10</sub> corresponde a 0,66-0,70, esto indica que aproximadamente el 66% de las partículas PM<sub>10</sub> corresponden a partículas con diámetros aerodinámicos menores o iguales a 2,5 mm. Este valor es similar a 0,60 reportado por Dockery y Pope (1994) para centros urbanos en Norteamérica.



Observatorio Ambiental

## Gráficas

Cuadro 1. Promedios anuales de concentración de partículas PM<sub>2,5</sub> en varios sitios del Área Metropolitana de Costa Rica

Estación	Promedio Anual 2011 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Promedio Anual 2012 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Promedio Anual 2013 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Promedio Anual 2014 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Edificio de la Municipalidad de San José	24 ± 11	27 ± 13	26 ± 11	25 ± 14
Sector Residencial, Moravia	11 ± 6	13 ± 5	13 ± 7	12 ± 9
La Asunción, Belén	31 ± 10	35 ± 12	37 ± 10	
Rectoría de la UNA, Heredia	30 ± 13	31 ± 15	32 ± 13	
Compañía Nacional de Fuerza y Luz, La Uruca	28 ± 7	20 ± 11	22 ± 10	23 ± 8



Observatorio Ambiental

## **Promedio anual de concentración de partículas PM10 en el área metropolitana de Costa Rica**

*Autor: Jorge Herrera Murillo.*

### **Resumen**

Para realizar el muestreo de partículas PM10, se seleccionaron sitios de monitoreo, representativos de zonas comerciales, industriales y residenciales, ubicados en varios municipios del área metropolitana de Costa Rica. Los sitios determinados se caracterizan por ser categoría B de acuerdo con la clasificación de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. La categoría B se asigna a aquellos sitios donde se presenta alta concentración de contaminantes con bajo potencial de acumulación, ubicado de 3 a 15 metros de una arteria del alto flujo vehicular con buena ventilación natural.

Para la colección de las muestras se utilizaron muestreadores de aire de alto volumen marca Thermo Andersen modelo MFC.

Tal como se puede observar en las áreas industriales y comerciales de alto flujo vehicular (BE-01, HE-01, SJ-04) se presentan concentraciones significativamente superiores (45 – 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) a las registradas para zonas residenciales y comerciales de bajo flujo vehicular (15 – 23  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Todos los sitios de monitoreo cumplen con el valor de exposición crónica de 50  $\text{mg}/\text{m}^3$  contemplado en el decreto 30221-S “Reglamento de Inmisión de Contaminantes de Costa Rica”. En cuanto a la normativa internacional, las concentraciones superan el criterio emitido por la Organización Mundial de la Salud, con excepción de MO-01.

**Gráficas:**



Observatorio Ambiental

**Cuadro 1. Evolución de los promedios aritméticos anuales de partículas PM<sub>10</sub> en el Área Metropolitana de Costa Rica, 2010-2014**

Año	SJ-01	SJ-02	SJ-03	SJ-04	SJ-05	ES-01	BE-01	BE-02	HE-01	SA-01	CA-01	MO-01	SD-01	AL-01
2014	21	27	25	30	23	24	29	*	45	25	24	17	*	21
2013	23	27	29	30	23	22	36	*	46	23	26	17	*	27
2012	27	29	27	29	22	23	32	51	42	22	25	15	18	22
2011	24	26	32	32	22	23	33	54	45	26	28	20	21	26
2010	28	28	37	35	29	22	34	52	56	26	28	21	22	25

\*Estaciones fuera de funcionamiento desde el año 2013

**Cuadro 2. Descripción de la ubicación de las estaciones utilizadas para el monitoreo de partículas PM<sub>10</sub>.**

Código del sitio	Ubicación	Representatividad del sitio de monitoreo
SJ-01	Catedral Metropolitana, San José	Comercial
SJ-02	Sección de Parques, Municipalidad de San José	Comercial
SJ-03	Centro de Reciclaje de la Municipalidad de San José en Hatillo, San José	Transición Comercial-Residencial
SJ-04	Compañía Nacional de Fuerza y Luz, La Uruca	Comercial
SJ-05	Registro Nacional, Zapote	Comercial
ES-01	Municipalidad de Escazú	Comercial
BE-01	La Asunción, Belén	Industrial
BE-02	La Ribera, Belén	Transición Comercial-Residencial
HE-01	Rectoría de la Universidad Nacional, Heredia	Comercial
SA-01	Lindora, Santa Ana	Comercial
CA-01	Parque Industrial, Cartago	Industrial
MO-01	Instalaciones de la empresa Eaton, Moravia	Residencial
SD-01	Oficina del Ministerio de Salud de Santo Domingo	Comercial
AL-01	Campus de la Universidad Técnica Nacional, Alajuela	Comercial



Observatorio Ambiental

# Promedio anual de concentración de Dióxido de nitrógeno en los cantones de San José, Belén, Escazú y Alajuela

*Autor: Jorge Herrera Murillo.*

## Resumen

Para el muestreo y análisis de las concentraciones de dióxido de nitrógeno en aire se utilizó el método pasivo, el cual tiene su fundamento en los fenómenos de difusión y permeación, por los cuales las moléculas de un gas, que están en constante movimiento, son capaces de penetrar y difundirse espontáneamente a través de la masa de otro gas hasta repartirse uniformemente en su seno, así como de atravesar una membrana sólida que le presente una determinada capacidad de permeación.

Tal como se puede notar al menos diez sitios en San José y cuatro en Belén presentan valores mayores a  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , que corresponde al valor anual recomendado por la Organización Mundial de la Salud para este contaminante. Las concentraciones mayores se presentan para sitios comerciales con alto flujo vehicular en donde se llegan a alcanzar excedencias de hasta un 45% con respecto al valor criterio de la Organización Mundial de la Salud. Si se comparan estos valores con los obtenidos para años anteriores se registra una tasa de incremento de 11 y 13% para sitios comerciales e industriales respectivamente. Es importante indicar que esta tasa aumento ligeramente con respecto a la registrada en años anteriores donde se registraban incrementos de hasta 10% para zonas comerciales de alto flujo vehicular.

## Gráficas



Observatorio Ambiental

Cuadro 1. Promedios anuales de dióxido de nitrógeno obtenidos en el cantón de San José y Belén durante el año 2011-2014.

Sitio de Muestreo	Promedio Anual 2011 (ug/m <sup>3</sup> )	Promedio Anual 2012 (ug/m <sup>3</sup> )	Promedio Anual 2013 (ug/m <sup>3</sup> )	Promedio Anual 2014 (ug/m <sup>3</sup> )
<b>Cantón de San José</b>				
Costado Norte Hospital San Juan Dios	55	59	65	63
Costado Norte Catedral Metropolitana	43	46	56	51
Estación al Pacífico	29	31	37	39
Bomba La Castellana	42	44	54	58
Barrio Lujan, Antigua Fábrica Dos Pinos	26	25	30	30
Barrio Francisco Peralta, cercanías del edificio MINAE	21	23	31	29
Barrio La Cruz	26	28	37	31
Avenida 10 AyA	29	31	43	43
Tribunal Supremo Elecciones	19	17	31	26
Costado este Iglesia Santa Teresita	23	21	23	28
JAPDEVA	40	42	47	45
Barrio México	26	28	50	34
Barrio Pithaya	29	32	34	34
Barrio Cuba	41	40	44	63
100 m Sur de autos Gamboa, Barrio Córdoba				30
Frente a Tienda Gollo, Zapote				47
Frente a Abastecedor Los Sauces, San Francisco de Dos Ríos				27
Frente a Faro del Caribe, San Francisco de Dos Ríos				46
50 m Este de la Iglesia Católica, Paso Ancho				41
75 m sur Supermercado Walmart, San Sebastián				51
Frente al Centro de Reciclaje, Hatillo #3.				44



Observatorio Ambiental

# Índice de fragilidad ambiental (IFA), cantón de Siquirres, Costa Rica

*Autores: Lidia Orias Arguedas, Francisco Rodríguez Soto, Esteban Aguilar Castrillo*

## Resumen

El MINAE, mediante decreto ejecutivo 32967-5-MINAE, establece, como requisito para otorgar la viabilidad ambiental de los Planes Reguladores Cantonales, conocer las condiciones fragilidad ambiental del territorio, para ello establece la metodología Índice de Fragilidad Ambiental (IFA). El IFA considera 4 factores claves, basados en la aptitud ambiental del territorio, la Geoaptitud, la Edafoaptitud, la Bioaptitud y la Antropoaptitud; a su vez, cada uno de los factores considera diferentes variables y parámetros de medición. El IFA, mediante 5 categorías valorativas que van desde Muy Alta, Alta, Media, Baja a Muy Baja fragilidad, genera como resultado la distribución espacial de la fragilidad ambiental del cantón.

## Gráficas



## Observatorio Ambiental

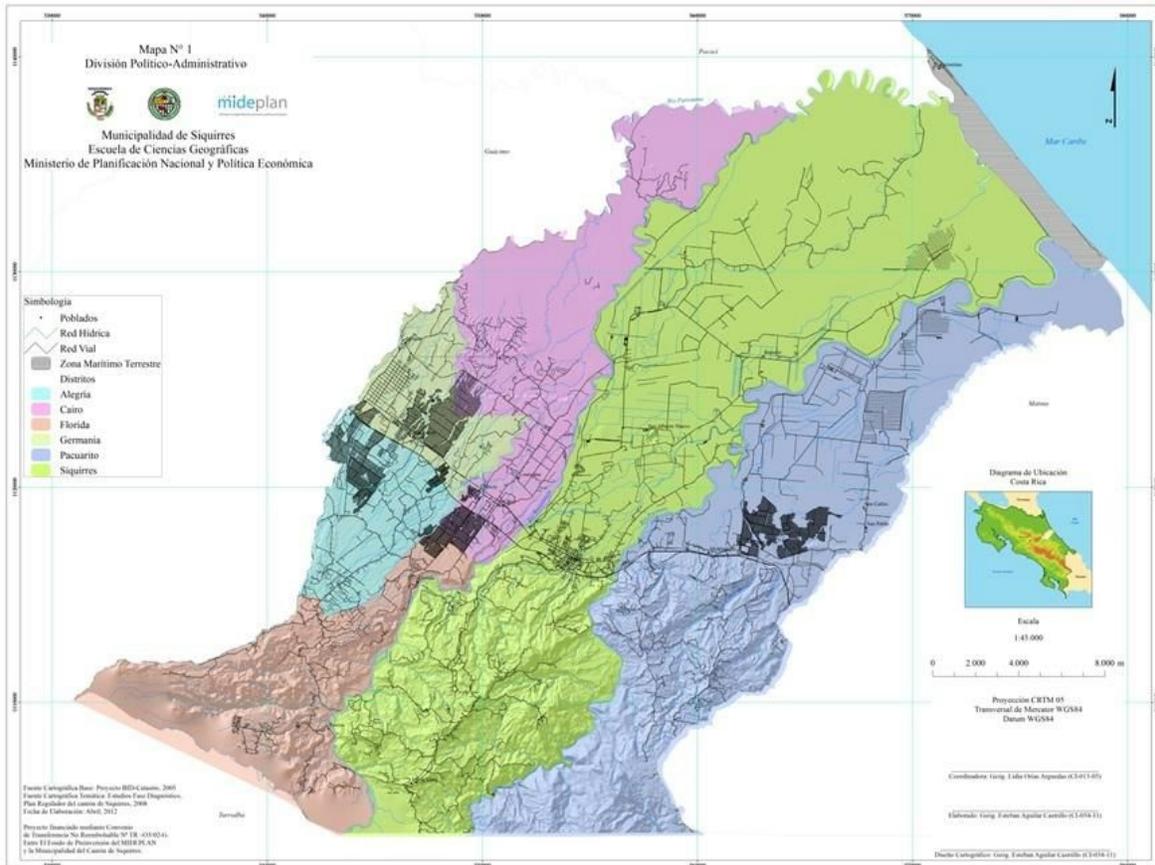
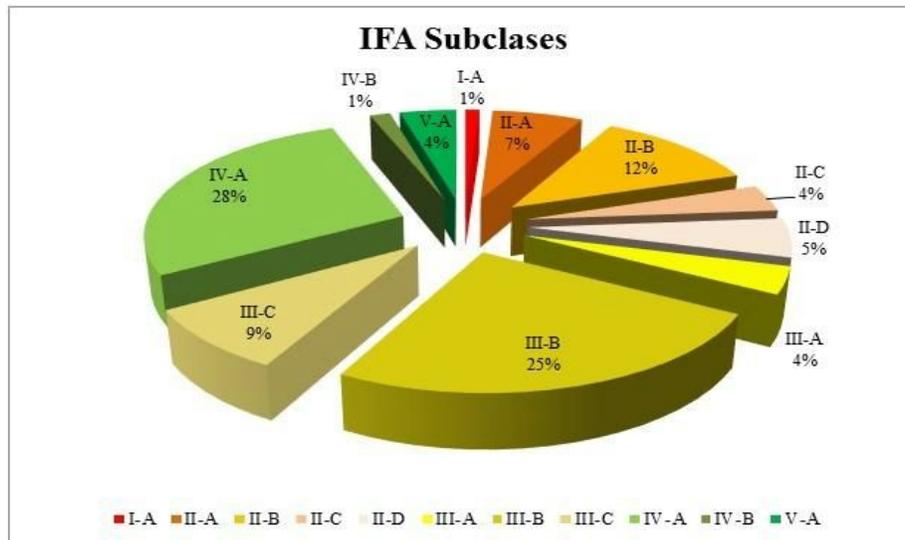
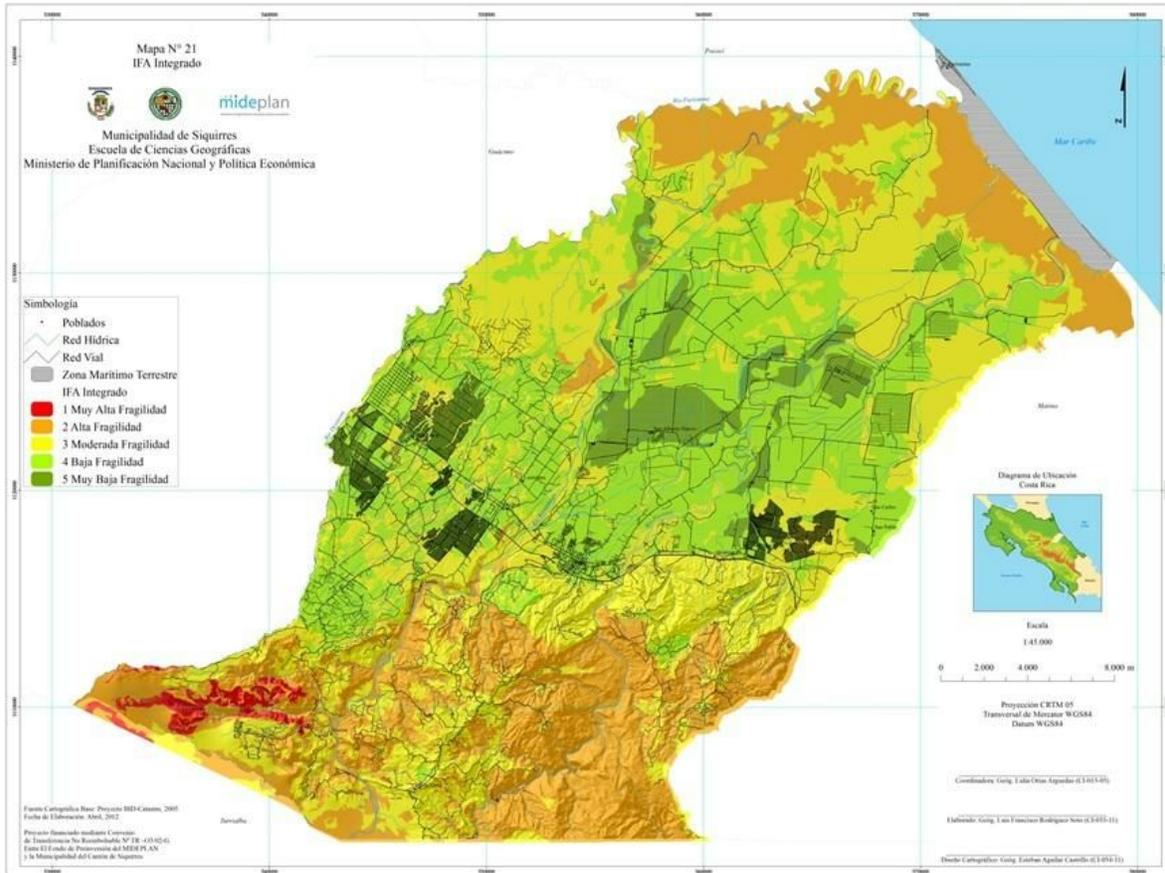


Gráfico N° 1 Cantón de Siquirres: IFA Integrado



**Observatorio Ambiental**



**Gráfico N° 2 Cantón de Siquirres: IFA Subclases**



# Observatorio Ambiental

