

ANEXO 6



Organismo
de Evaluación
y Fiscalización
Ambiental

REPORTE DE MODELAMIENTO DE OLORES

RR-079-2024-STECC

 Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental	REPORTE DE MODELAMIENTO DE OLORES
--	--

Título del estudio : Reporte del modelamiento de dispersión de olores generados por las granjas pecuarias y establos ganaderos de los sectores Huanchaquito, Bello Horizonte y Wichanzao, ubicados en el distrito Huanchaco, provincia Trujillo, departamento La Libertad.

Etapas : Presentación de resultados del modelamiento de dispersión de olores

Expediente de evaluación : 001-2024-DEAM-EAC **Código de acción** : 0003-10-2024-411

Tipo de Origen : Programada

Fecha de aprobación : 10/12/2024 **Reporte N°** : RR-079-2024-STECC

1. INFORMACIÓN GENERAL

A	Tipo de evaluación	Vigilancia
B	Distrito	Huanchaco
C	Provincia	Trujillo
D	Departamento	La Libertad
E	Ámbito de estudio	Sectores Huanchaquito, Bello Horizonte y Wichanzao
F	Unidades fiscalizables/ actividades económicas en la zona de estudio	Actividades de crianza ganadera intensiva para la producción de carne, leche y otros usos.

Profesionales que aportaron a este documento:

N.º	Nombres y apellidos	Profesión	Actividad desarrollada	Nº de Colegiatura
1	Violeta Jhicensia Rivera Minaya	Ingeniera Química	Gabinete	CIP 76256
2	Julio Andrés Gonzales Rossel	Ingeniero Ambiental	Gabinete	CIP 146703
3	Francesco Renato Urdanivia Lermo	Ingeniero ambiental	Gabinete	CIP 217404
4	Dayra Elizabeth Soria Durand	Bachiller Ingeniera Ambiental	Campo y gabinete	-
5	Joe Jordan Sánchez Alendro	Bachiller Ingeniera Ambiental	Campo y gabinete	-

2. OBJETIVO

Realizar el modelamiento de dispersión de olores generados por las actividades de crianza ganadera intensiva para la producción de carne, huevos, leche y otros usos, ubicados en el distrito de Huanchaco, provincia de Trujillo y Departamento de La Libertad.

3. ÁREA DE ESTUDIO

3.1. Ubicación geográfica y política del área de estudio

Las unidades fiscalizables (UF) de interés son granjas dedicadas a la crianza ganadera intensiva y están ubicadas en los sectores de Huanchaquito, Bello Horizonte y Wichanza, en el distrito de Huanchaco, provincia de Trujillo, departamento de La Libertad. Estas granjas se encuentran rodeadas de áreas urbanas y superficie agrícola, al oeste se localiza el Aeropuerto Internacional Capitán FAP Carlos Martínez de Pinillos. Las coordenadas geográficas de las unidades fiscalizables corresponden al centroide de estas, las cuales se presentan en la Tabla 3.1. En la Figura 3.1 se presenta el mapa de ubicación de las unidades fiscalizables.

Tabla 3.1. Ubicación de las unidades fiscalizables dedicadas a la crianza ganadera intensiva

N°	Administrado	Unidad fiscalizable	En adelante	Actividad	Coordenadas UTM - WGS 84		Área (ha)
					Este	Norte	
1	Molino La Perla S.A.C.	Unidad Huanchaquito Alto y Bajo	Avícola Molino La Perla	Crianza de aves para producción de carne	708588	9104976	14.75
2	Avícola Ponce de León E.I.R.L.	Granja de aves – Huanchaquito Alto	Avícola Ponce de León	Crianza de aves para producción de huevos	709823	9103644	1.33
3	Avícola El Roble S.A.C.	Granja Huanchaquito Alto	Avícola El Roble	Crianza de aves para producción de huevos	709922	9104574	1.88
4	Avícola El Portal EIRLTDA	Granja de gallina de postura	Avícola El Portal	Crianza de aves para producción de huevos	708757	9105516	1.13
5	Agronegocios L&S S.A.C.	Unidad de CP Huanchaquito Alto	Avícola Agronegocios	Crianza de aves para producción de huevos	709981	9104854	3.25
6	Agropecuaria Piedra Blanca E.I.R.L.	Piedra Blanca	Establo Piedra Blanca	Crianza de ganado vacuno para producción de leche	709946	9104405	1.67
7	Larios E.I.R.L.	Establo Larios	Establo Larios	Crianza de ganado vacuno para producción de leche	709248	9104770	1.73
8	Ganado Torrel	Establo ganado Torrel	Establo Torrel	Crianza de ganado vacuno para producción de carne	708541	9105519	0.84
9	Infante Montañez Enma Giudelia	Granja de cerdos ubicada en Villa Los Ángeles	Granja Porcina Enma Infante	Crianza de ganado porcino para producción de carne	710139	9104477	1.23
10	Avícola Don Lucho S.A.C.	Avícola Don Lucho	Avícola Don Lucho	Crianza de aves (para producción de huevos y carne), ganado vacuno, porcino y equino.	708402	9105022	3.26

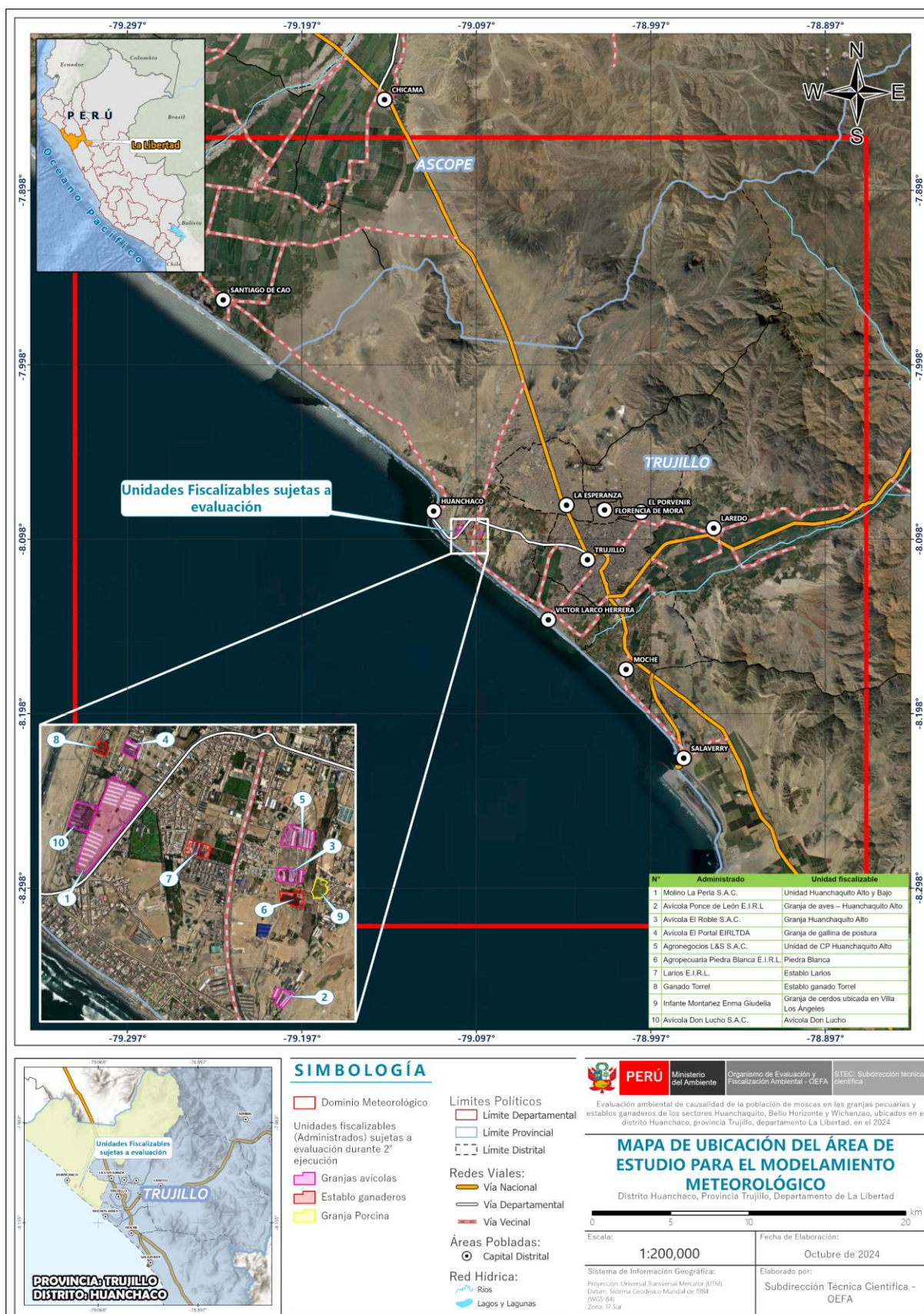


Figura 3.1. Ubicación de las unidades fiscalizables en el área de estudio

3.2. Característica del terreno

3.2.1. Topografía en el área de estudio

El área de estudio, correspondiente al dominio de modelamiento, presenta una topografía suave, caracterizada por un relieve poco accidentado. Comienza en el oeste con un terreno llano, casi al nivel del mar, y continúa con una sucesión de pampas, colinas, valles y tablazos que se extienden hacia el este, hasta alcanzar las estribaciones andinas. Las altitudes en el dominio de modelamiento variaron entre los 0 m s.n.m a 2550 m s.n.m.

La topografía se generó a partir de las imágenes de satélite LANDSAT 1, las que fueron procesadas a una resolución de 5m.

3.2.2. Uso de suelos en el área de estudio

El área de estudio, correspondiente al dominio de modelamiento, limita al oeste con el mar, donde desembocan cuerpos de agua que se originan en la parte oriental de la cordillera. Predominan en esta zona los suelos desnudos y los suelos agrícolas, junto con una notable área urbana. También se observan matorrales, pastizales y zonas arbustivas en menor proporción, especialmente ubicadas en el noreste del dominio de modelamiento. El mapa de uso de suelos se generó a partir de la base de datos del producto WORLDCOVER. Este producto tiene una resolución espacial de 10 metros y ha sido generado mediante el uso de imágenes de los satélites Sentinel-1 y Sentinel-2.

En la Tabla 3.2 se presenta el detalle de los archivos usados para caracterizar la elevación del terreno y el uso de suelos.

Tabla 3.2. Detalle de los archivos usados para caracterizar el terreno

Características del terreno	Resolución espacial	Fuente de información
Topografía	5 m	LANDSAT 1
Uso de suelos	10 m	WORLDCOVER

En las Figuras 4.2 y 4.3 se presentan los mapas de topografía y uso de suelos respectivamente, considerados en el presente estudio.

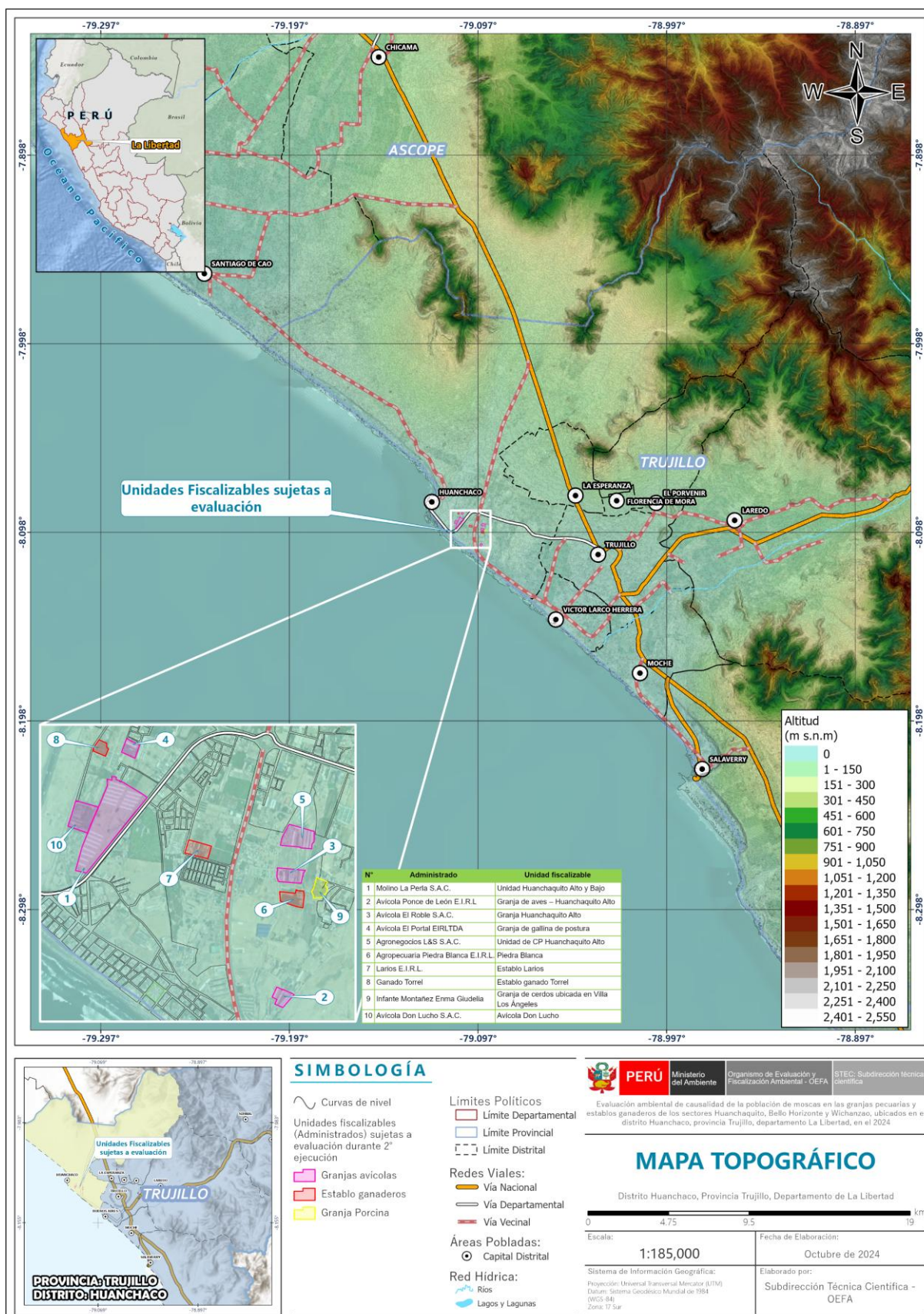


Figura 3.2. Mapa topográfico del área de estudio

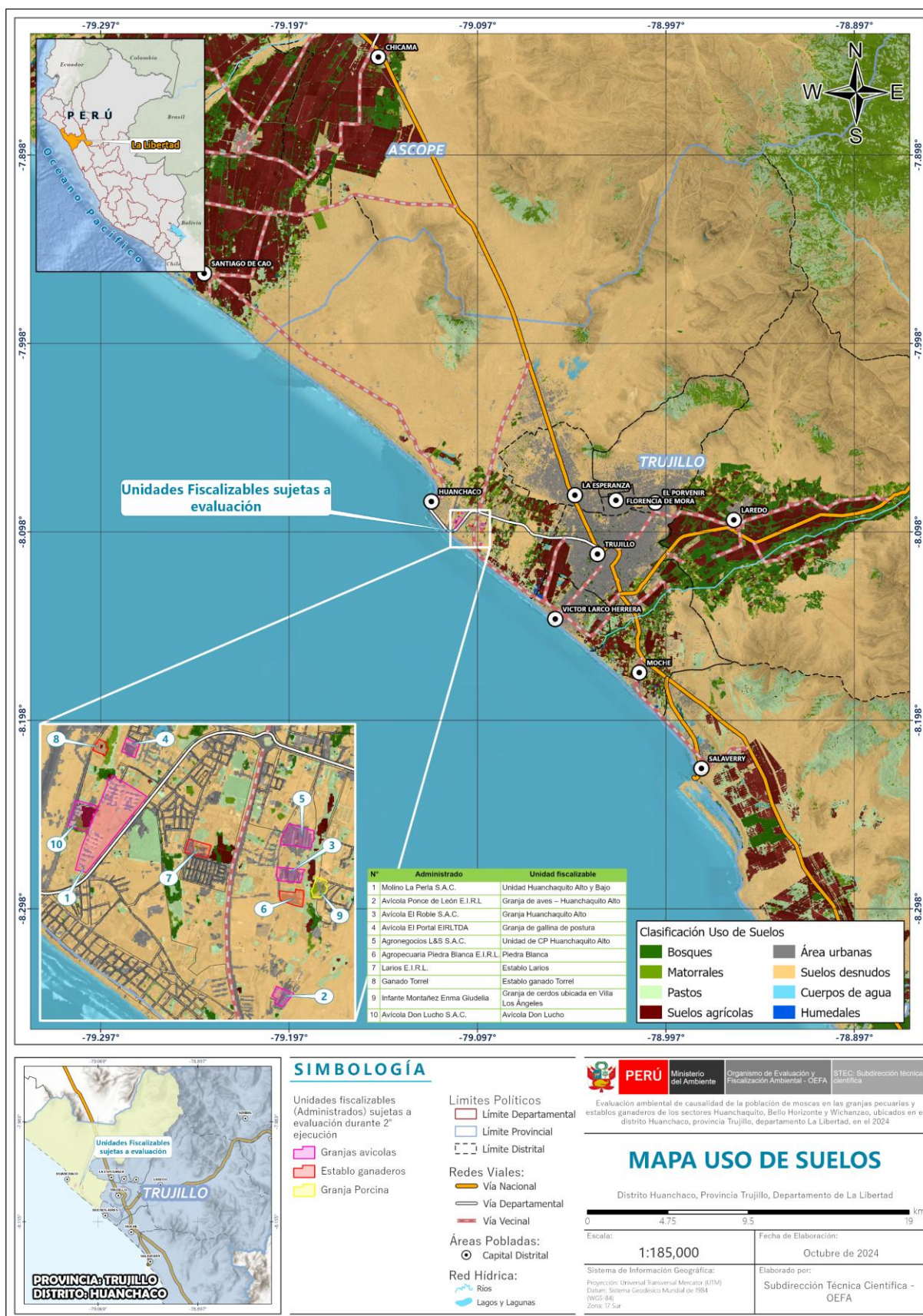


Figura 3.3. Mapa de uso de suelos del área de estudio

3.3. Climatología del área de estudio

3.3.1. Clasificación climática

Según el mapa Climático Nacional elaborado por el SENAMHI (2020) a partir de 30 años de información climática (1981-2010), el cual ha servido para determinar los Índices Climáticos y delimitar el trazado de las áreas de acuerdo con la clasificación de climas de Thornthwaite, las unidades climáticas en el área de estudio es el siguiente:

- Árido con deficiencia de humedad en todas las estaciones del año. Templado. E(d) B'
- Semiárido con invierno seco. Templado. D(i) B'

3.3.2. Condiciones meteorológicas

Para este análisis se ha utilizado la información generada por el modelo WRF. El periodo analizado comprende los años del 2018 al 2023. Una vez generada la información meteorológica modelada, se verificó su representatividad para el área de estudio. Luego, se extrajo la información meteorológica de superficie de un punto, al que llamamos estación meteorológica virtual (EMV) Trujillo, mediante la interfaz del lenguaje de programación Python y NCL (Tabla 3.3).

Tabla 3.3. Ubicación de la estación meteorológica virtual (EMV) Trujillo

Nombre de la estación	Coordenada Geográfica		Coordenadas UTM – WGS84 Zona 17 L		Altitud (m.s.n.m.)	Periodo de modelamiento
	Latitud	Longitud	Este	Norte		
EMV Trujillo	-8.093487°	-79.100442°	709319	9104880	35	2018-2023

El clima en el área de estudio es peculiar, las temperaturas máximas en verano fluctúan entre 20°C y 25 °C, aunque durante el fenómeno del Niño puede llegar a los 30°C. En general se tienen temperaturas diurnas poco variables en el tiempo, que resultan agradables de mayo a noviembre. Las temperaturas mínimas oscilan entre los 14°C y 18°C, en invierno puede haber sensación de frío después de la medianoche. La humedad relativa es alta por las noches y durante las primeras horas del día, y en el verano es relativamente baja hacia el mediodía.

En el invierno, la cobertura nubosa durante el día y la noche es permanente, aunque después del mediodía hay presencia de brillo solar, Los vientos en general son débiles y moderados.

Asimismo, las estribaciones de la cordillera favorecen el flujo de aire húmedo procedente de la Amazonía, el cual converge con las brisas de la vertiente occidental, favoreciendo en la estación de verano una mayor frecuencia de lluvias ligeras (garúas)

La temperatura promedio durante el 2018-2023 en el dominio de modelamiento varió entre los 21.8 °C en los lugares con menor altitud hasta los 16.5 °C en lugares con mayor altitud (Figura 3.4). Asimismo, la humedad relativa en promedio varió entre 61.6 % y 94.7 % (Figura 3.5). Además, los vientos tuvieron una dirección condicionada por la topografía de la zona y una velocidad promedio que varió entre 0.1 m/s y 5.3 m/s (Figura 3.6).

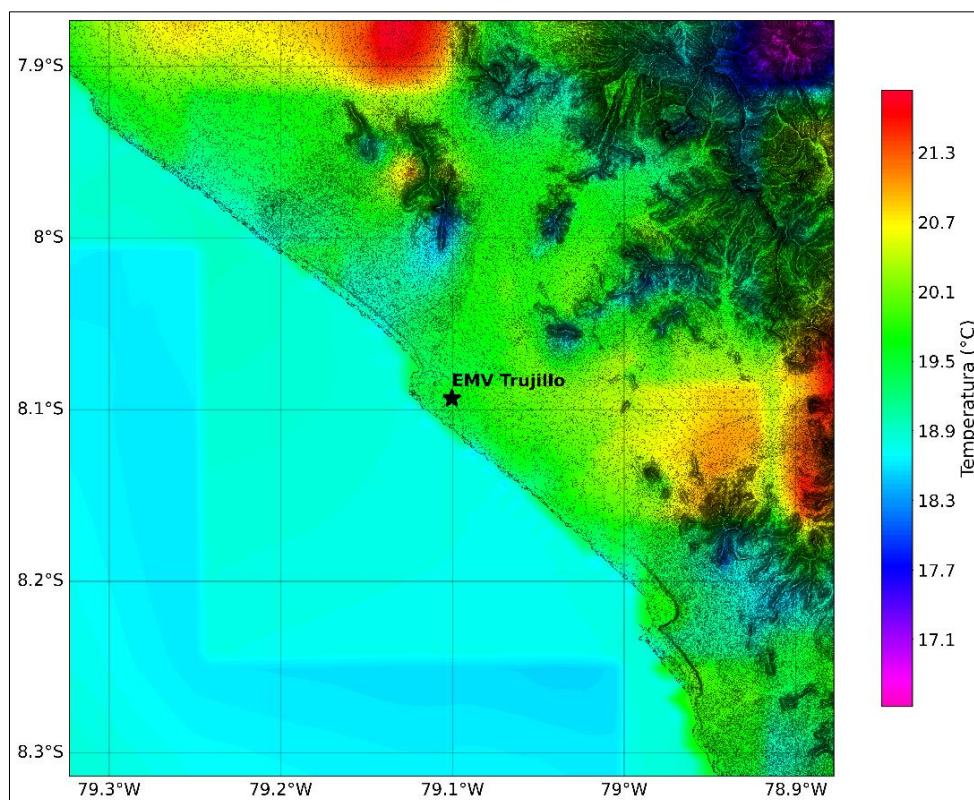


Figura 3.4. Variación espacial de la temperatura promedio durante el periodo 2018-2023 en el dominio de modelamiento

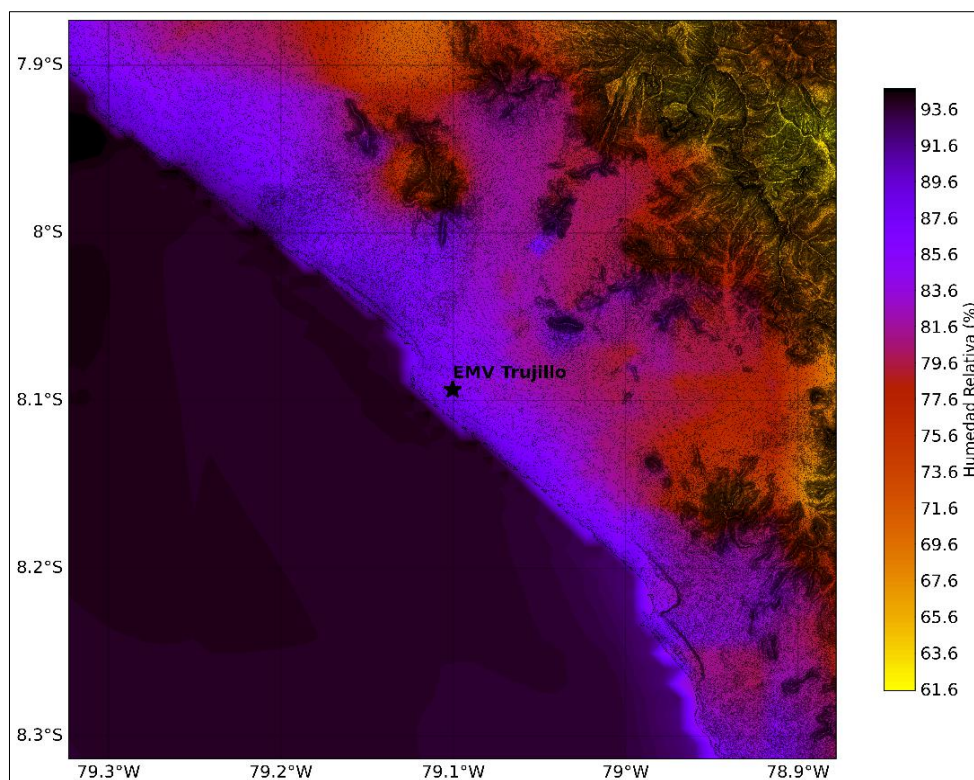


Figura 3.5. Variación espacial de la humedad promedio durante el periodo 2018-2022 en el dominio de modelamiento

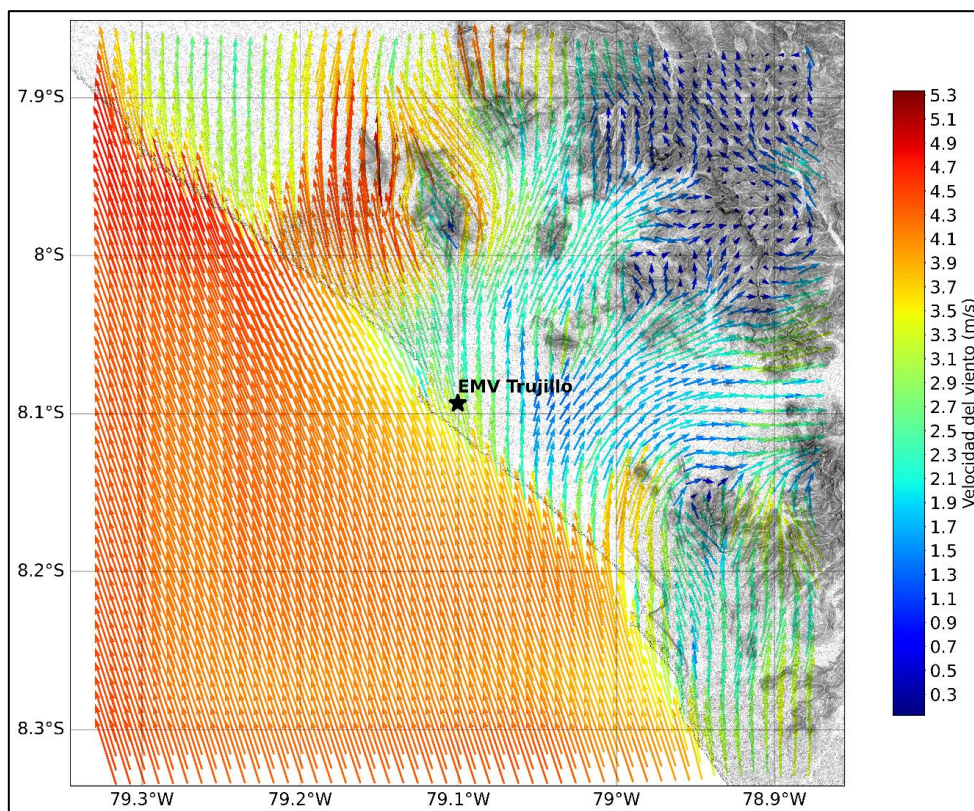


Figura 3.6. Variación espacial de la dirección y velocidad de los vientos promedio durante el periodo 2018-2023 en el dominio de modelamiento

Una descripción detallada del comportamiento de las principales variables meteorológicas en el área de estudio, zona de la estación meteorológica virtual (EMV) Trujillo, para el periodo 2018 al 2023 se presenta en el reporte de modelamiento meteorológico RR-057-2024-STEC.

4. METODOLOGÍA

4.1. Inventario de emisiones de olores

Como parte de la segunda ejecución de la EAC Huanchaquito¹, se realizó el inventario de emisiones de olores de un total de 10 unidades fiscalizables (pertenecientes a 10 administrados) dedicadas a la crianza ganadera intensiva. Estas unidades fueron identificadas previamente (en la primera ejecución) como potenciales generadores de olores que podrían causar molestias a la población de los sectores Huanchaquito, Bello Horizonte y Wichanzao.

4.1.1. Identificación de las fuentes de emisión de olores en el área de estudio

Todas las operaciones ganaderas generan cierto olor, independientemente del tamaño de la explotación (CMAAUH, 2008). En las Figuras 4.1 y 4.2 se muestran la ubicación de las fuentes de emisión de olores identificadas durante la segunda ejecución para cada administrado. Estas fuentes fueron consideradas de tipo de área y están vinculadas a los procesos de crianza de aves, crianza de ganado (vacuno, porcino, ovino, caprino y equino), tratamiento de las excretas, aves muertas y aguas residuales porcinas.

¹ Evaluación ambiental de causalidad de la población de moscas en las granjas pecuarias y establos ganaderos de los sectores Huanchaquito, Bello Horizonte y Winchanzao, ubicados en el distrito Huanchaco, provincia Trujillo, departamento La Libertad, en el 2024. Segunda ejecución realizada desde el 15 al 23 de agosto del 2024. Con código de acción 003-8-2024-411.

4.1.2. Cálculo para la estimación de emisiones de olores

Las tasas de emisión de olores (OER, por sus siglas en inglés) asociadas a cada proceso dentro de las granjas, expresadas en unidades de olor por unidad de tiempo (OU_E/s) (SEIA, 2017; Sironi *et al.*, 2006), se calcularon en función a factores de emisión de olores (OEF, por sus siglas en inglés). El OEF es un valor representativo que relaciona la cantidad de olor liberado a la atmósfera y el nivel de una actividad específica vinculado con esa liberación, como el número de animales, el número de galpones o la cantidad de abono producido, entre otros (Capelli *et al.*, 2014; Mielcarek y Rzeznik, 2014). La ecuación utilizada para calcular las emisiones se expresa de la siguiente manera:

$$OER = A \times OEF \times \left(1 - \frac{ER}{100}\right)$$

Donde:

OER: Tasa de emisión de olor

A: Nivel de actividad

OEF: Factor de emisión de olores

ER: Eficiencia global de reducción de emisiones (%)

Se seleccionaron factores de emisión de olores específicos y representativos para la actividad de crianza ganadera intensiva, obtenidos de fuentes científicas como Capelli *et al.*, (2009), Sironi *et al.*, (2006), Giner *et al.*, (2017) y Pagans *et al.*, (2012). Estos OEFs fueron desarrollados a partir de mediciones de concentraciones de olor (expresados en OU_E/m^3) en la fuente mediante la técnica de olfatometría dinámica. Generalmente, estas mediciones fueron realizadas en diferentes épocas del año, abarcando diversas condiciones climáticas, y en una amplia variedad de instalaciones, capturando de esta manera la variabilidad de las emisiones de olores. Cuando factores de emisión específicos no estaban disponibles en la literatura, se optó por utilizar OEFs correspondientes a actividades más generales, como en el caso de tratamiento de excretas y aves muertas, así como tratamiento de aguas residuales porcinas.

En el caso de las emisiones de las áreas de crianza de aves y ganado, el nivel de actividad corresponde a la población de animales de cada una de las categorías establecidas según la etapa del ciclo productivo del animal. Los datos necesarios para determinar este nivel de actividad durante un periodo anual fueron proporcionados por los administrados en el cierre de acta y recolectados por medio de entrevistas en la segunda ejecución.

La metodología para la estimación de emisiones (incluyendo factores de emisión y niveles de actividad) generado por cada uno de los procesos identificados como fuentes de emisión de olor en las unidades fiscalizables dedicadas a la crianza de aves y ganadera intensiva, se detalla en el reporte del inventario de emisiones RR-056-2024-STEC.

REPORTE DE MODELAMIENTO DE OLORES

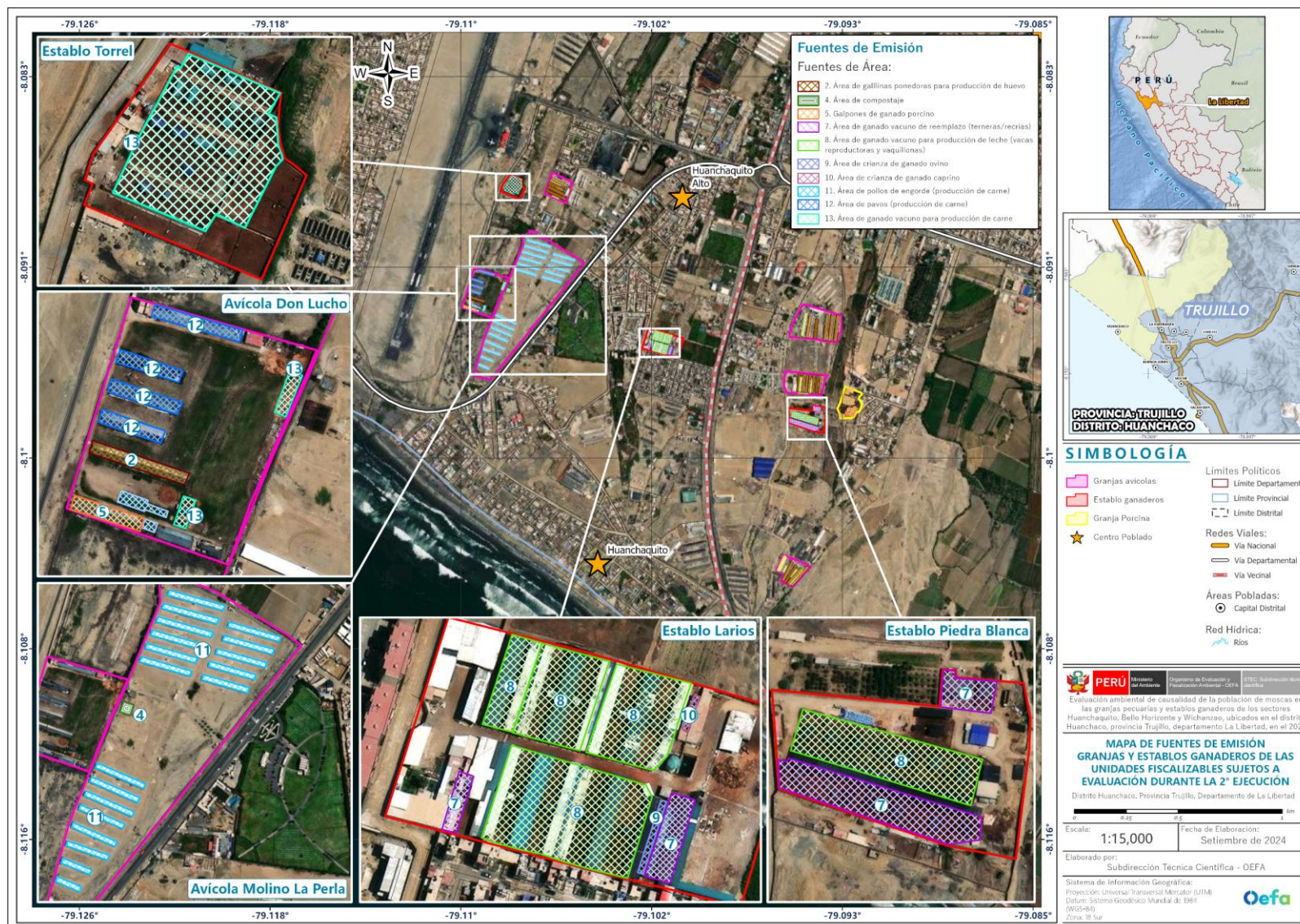


Figura 4.1. Mapa de ubicación de las fuentes de emisión de olores de los administrados Establo Torrel, Avícola Don Lucho, Avícola Molino La Perla, Establo Larios y Establo Piedra Blanca

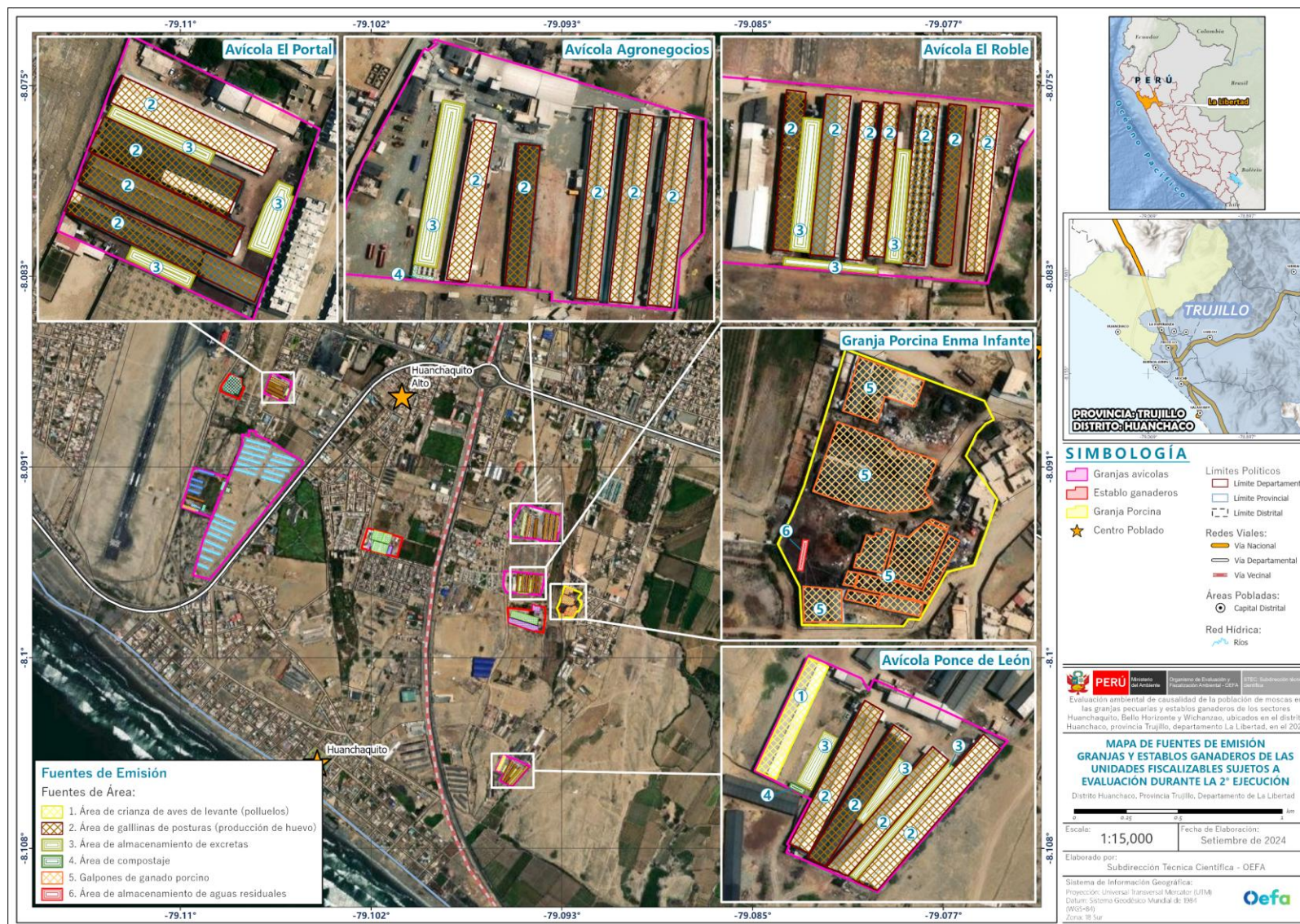


Figura 4.2. Mapa de ubicación de las fuentes de emisión de olores de los administrados Avícola El Portal, Avícola Agronegocios, Avícola El Roble, Granja Porcino Enma Infante y Avícola Ponce de León

4.2. Modelamiento de dispersión de olores

4.2.1. Información de datos meteorológicos

La información meteorológica se generó mediante la aplicación del modelo WRF, el cual es un modelo numérico que sirve para la simulación y predicción del estado atmosférico a escalas de corto, mediano y largo plazo. Este modelo fue creado bajo un esfuerzo colaborativo entre diversas instituciones americanas como el Centro Nacional de Investigación Atmosférica (NCAR, por sus siglas en inglés), la Administración Nacional Atmosférica y Oceánica (NCEP, por sus siglas en inglés), entre otras. Este modelo es eficiente tanto para la investigación de fenómenos a escala espacial local, regional y escala sinóptica, cuya principal característica es que resuelve ecuaciones de tipo euleriano no-hidroestático. Es por este motivo y las constantes contribuciones desde su desarrollo a la actualidad que este modelo está en la cima de los modelos meteorológicos regionales.

Para las simulaciones del modelo WRF, se ha usado como entrada los datos meteorológicos de reanálisis ERA 5, los cuales tuvieron un pretratamiento para su uso en el modelo WRF.

ERA 5 tiene una resolución espacial de 25 km y temporal de 1 hora. Las simulaciones consistieron en generar información meteorológica de superficie y de altura en alta resolución para el área de estudio; para este proceso se utilizaron 2 anidamientos: un anidamiento que generaba información meteorológica con una resolución desde 25 km (resolución de la data de entrada) a 5 km y el otro anidamiento que generaba información desde una resolución de 5 km a 1 km.

Tabla 4.1. Información del modelo meteorológico

Nombre del modelo meteorológico	Versión	Resolución espacial	Resolución temporal
WRF	4,4	1 km	1 hora

Tabla 4.2. Parametrizaciones físicas usadas para las simulaciones del modelo WRF

Parametrizaciones Físicas	Esquema
Microfísica	Thompson
Capa Límite Planetaria	Universidad de Yonsei
Superficie de la tierra	Noah-MP
Modelo de Radiación	RRTMG- Modelo de transferencia radiativa rápida
Capa Superficial	Revised MM5 Scheme

El periodo de modelamiento fue de 6 años (periodo 2018-2023), con una resolución espacial de 1 km y temporal de 1 hora, para un dominio de modelamiento de 50 km x 50 km. En la Figura 4.3 se presentan la grilla meteorológica y el dominio de simulación considerado en el presente estudio. El análisis de tiempo y clima se presentan en el reporte de modelamiento meteorológico RR-057-2024 STEC.

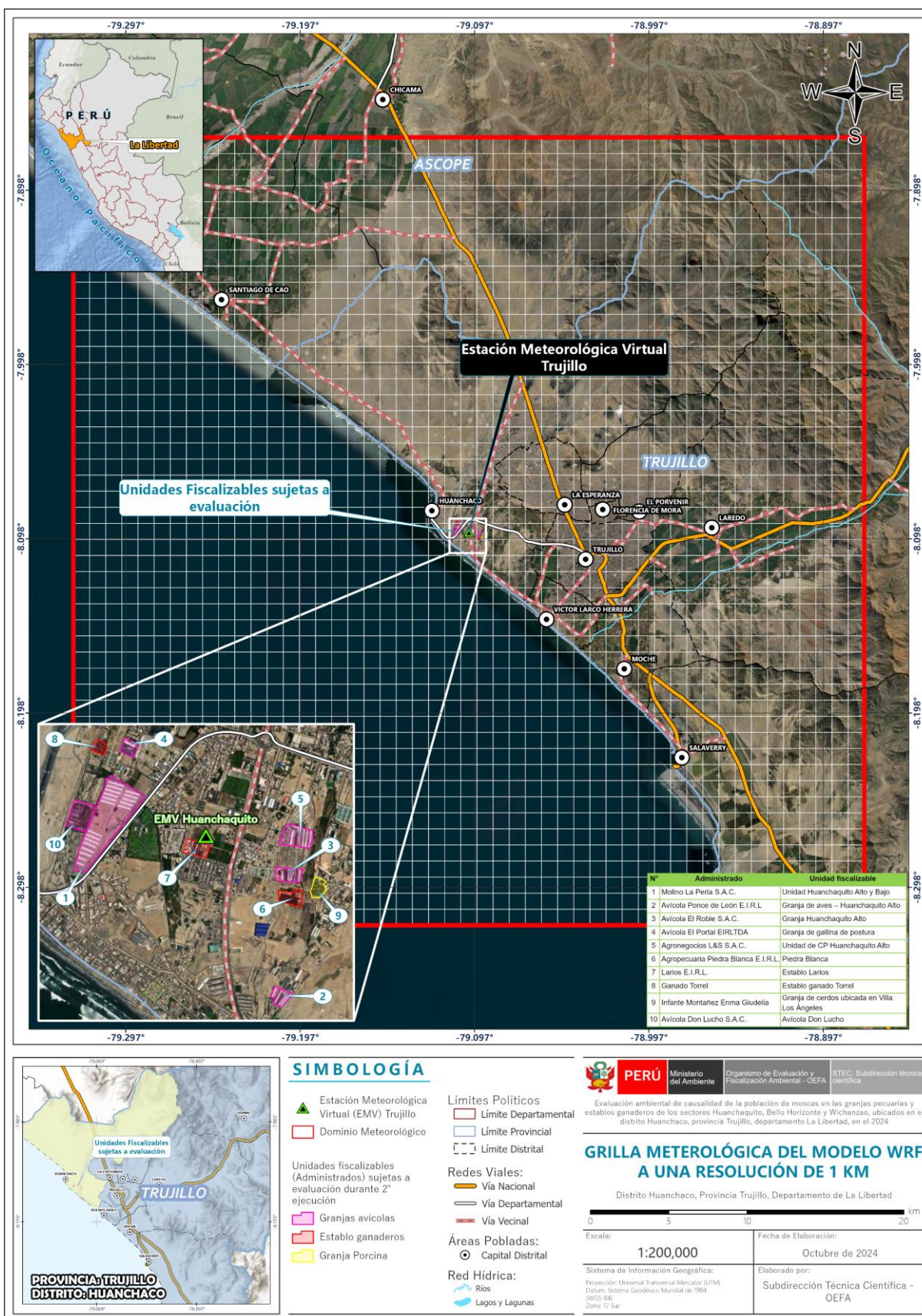


Figura 4.3. Grilla meteorológica del modelo WRF a resolución de 1 km en el área de estudio

4.2.2. Justificación del modelo de dispersión de olores

Para el estudio se seleccionó el Modelo Puff de California (CALPUFF, por sus siglas en inglés) en su versión 7.0. CALPUFF el cual es un modelo Lagrangiano-Gaussiano No Estacionario tipo Puff, multi-especie y multi-capa, que simula los efectos de variación espacio-tiempo de las condiciones meteorológicas en el transporte, transformación y remoción de contaminantes y olores (EPA, 2022). CALPUFF ha sido adoptado por la U.S. EPA, en su Guía de modelos de calidad de aire, como un modelo alternativo, que puede ser empleado en aplicaciones regulatorias (bajo justificación del caso) para estimar el transporte y dispersión de contaminantes tanto de largo como corto alcance y sus impactos en escenarios que involucren condiciones meteorológicas complejas (EPA, 2017). Además, es ampliamente usado para aplicaciones regulatorias en Australia, Nueva Zelanda (Johnson, 2022), y Chile (SEIA, 2023).

La elección del modelo se basó en los siguientes criterios:

- i. CALPUFF es un modelo de tipo puff recomendado por la U.S. EPA y que ha sido acogido también como modelo recomendado en el Manual Técnico para la Elaboración de Documentos Técnicos sobre Modelamiento de Dispersión de Contaminantes Atmosféricos, aprobado por Resolución de Presidencia Ejecutiva N.º 053-2021-SENAMHI/PREJ.
- ii. CALPUFF es un modelo de largo alcance, obteniendo resultados confiables para distancias de hasta 300 km.
- iii. CALPUFF puede modelar la dispersión de olores.

- **Descripción del Modelo CALPUFF**

CALPUFF es un modelo de dispersión tipo Puff no estacionario capaz de representar las variaciones temporales (a nivel horario) y espaciales de los efectos meteorológicos sobre el transporte y dispersión de los contaminantes atmosféricos. CALPUFF simula la pluma continua de una fuente como una serie de puffs discretos (paquetes de aire contaminado) emitidos a una tasa constante, los cuales son transportados y dispersados a través de un campo de vientos tridimensional grillado (Scire *et al.*, 2000). En general, los modelo Puff funcionan bien a distancias, a favor del viento, entre la fuente y el receptor que abarcan unos pocos kilómetros hasta más de 100 km; así también, CALPUFF contiene algoritmos adicionales que le permiten modelar los efectos de contaminantes a largo alcance (EPA, 2022); por lo que, se ha determinado que es razonablemente preciso a distancias de hasta 300 km. Por lo tanto, es recomendable la aplicación de CALPUFF para todas las distancias hasta 300 km (EPA, 2003).

Así también es recomendable el uso del modelo CALPUFF para aplicaciones de corto alcance, con distancias de transporte de hasta 50 km, y en aquellos casos que impliquen la presencia de fenómenos de vientos complejos, que se producen debido a terrenos complejos, en el dominio de modelamiento, tales como brisas marinas o vientos de valle y montaña (Brode y Bret, 2008). Los vientos complejos se generan por el efecto de las variaciones geográficas abruptas (presencia de valles, terreños accidentados o montañosas, a lo largo de zonas costeras, cerca de grandes variaciones en el uso de suelo) que inducen modificaciones en las circulaciones de los vientos predominantes o generan vientos y circulaciones locales (EPA, 2018). El sistema de modelamiento CALPUFF es apropiado para estos casos debido a que el procesador CALMET puede generar campos de vientos tridimensionales que varían espacialmente, por lo que logra representar los procesos de dispersión y transporte en estas condiciones (meteorología heterogénea). Además, CALMET incorpora algoritmos de bloqueo del terreno y de flujos en pendiente que pueden explicar las circulaciones de viento complejos que se producen en terrenos complejos (Brode y Bret, 2008). Es importante señalar, que una resolución más fina de los datos de entrada a CALMET como variables meteorológicas simuladas, uso de suelo y topografía, son capaces de representar mejor los fenómenos de vientos complejos, lo cual afectara en las salidas de

CALMET; por ende, la estimación de las concentraciones de contaminantes del aire y de olores mediante CALPUFFF serán más precisas (Brode y Bret, 2008).

El sistema de modelamiento CALPUFF incluye 3 componentes principales: CALMET, CALPUFF y CALPOST, y un gran conjunto de programas de preprocesamiento diseñados para interconectar el modelo con conjuntos de datos meteorológicos y geofísicos disponibles de forma rutinaria (Scire *et al.*, 2000).

CALMET es un modelo meteorológico que desarrolla campos de viento y temperatura por hora en un dominio de modelamiento en cuadrícula tridimensional. CALPOST se usa para procesar los archivos de salida primarios de CALPUFF que contienen concentraciones por hora en cada receptor, produciendo tabulaciones que resumen los resultados de la simulación, identificando las concentraciones más altas (Scire *et al.*, 2000).

La ecuación básica para la contribución de un puff en un receptor es:

$$C = \frac{Q}{2\pi\sigma_x\sigma_y} g \exp[-d_a^2 / (2\sigma_x^2)] \exp[-d_c^2 / (2\sigma_y^2)]$$

$$g = \frac{2}{(2\pi)^{1/2}\sigma_z} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \exp[-(H_e + 2nh)^2 / (2\sigma_z^2)]$$

Donde:

C es la concentración a nivel del suelo (g/m³),

Q es la masa contaminante (g) en el puff,

σ_x es la desviación estándar (m) de la distribución gaussiana en la dirección del viento,

σ_y es la desviación estándar (m) de la distribución gaussiana en la dirección del viento cruzado,

σ_z es la desviación estándar (m) de la distribución gaussiana en la dirección vertical,

da es la distancia (m) desde el centro del puff hasta el receptor en la dirección del viento,

dc es la distancia (m) desde el centro del puff hasta el receptor en la dirección del viento cruzado,

g es el término vertical (m) de la ecuación de Gauss,

H es la altura efectiva (m) sobre el suelo del centro del puff, y

h es la altura de la capa mixta (m).

• Proceso de modelamiento con el sistema CALPUFF

Por lo general, los datos de entrada básicos de un modelo de dispersión de contaminantes incluyen las fuentes de emisión, variables meteorológicas, e información del terreno como topografía y uso de suelo.

El flujograma del proceso de modelamiento con el sistema CALPUFF se presenta en la Figura 4.4 el cual toma como referencia el Manual del Usuario de CALPUFF desarrollado por Scire *et al.* (2000). Los datos meteorológicos simulados por el modelo WRF, que abarca el dominio de modelamiento con una resolución espacial de 1 km, fueron usados como campos meteorológicos para CALMET, este modelo ajusta los campos meteorológicos considerando la influencia del terreno y uso de suelo, mediante el cual se obtuvieron campos de temperatura y vientos horarios tridimensional sobre el dominio de modelamiento grillado de 50 km x 50 km. Adicionalmente, CALMET también genera campos bidimensionales para los parámetros de la capa límite planetaria (altura de mezcla, velocidad de fricción, etc.), características de la superficie (altura del terreno y uso de suelo), y las propiedades de dispersión. CALPUFF usó los campos meteorológicos generados por CALMET y los archivos que contienen información sobre las fuentes de emisión para producir salidas que contienen las concentraciones horarias de unidades de olor en los receptores discretos y grillados. Estos archivos son procesados por CALPOST, obteniendo tabulaciones que resumen los resultados de la simulación al identificar las concentraciones de olor más altas en cada receptor.

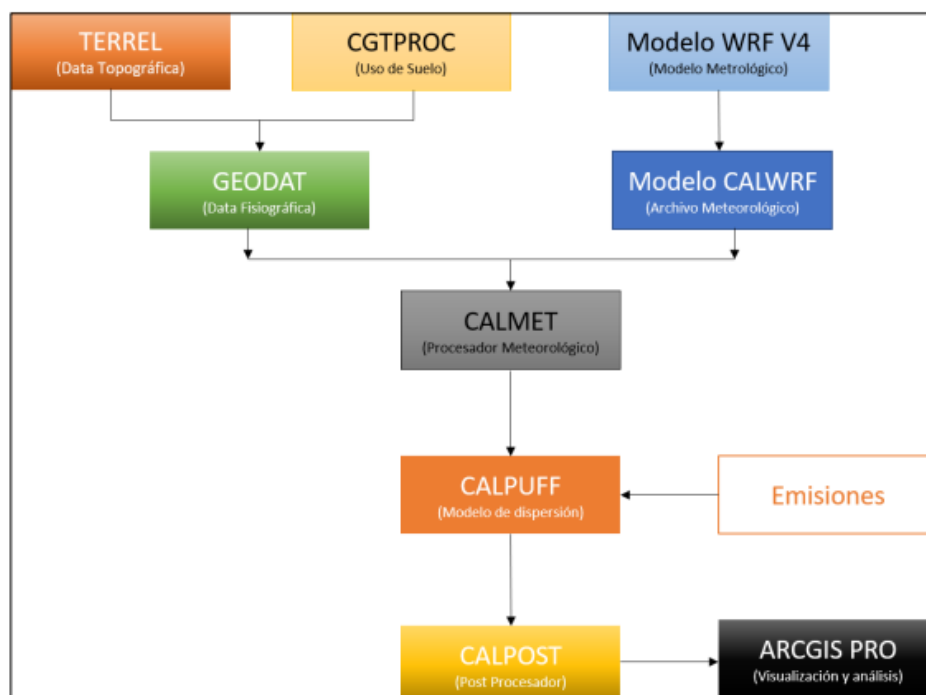


Figura 4.4. Flujograma de modelamiento de dispersión atmosférica

Fuente: elaboración propia

4.2.3. Dominio de modelamiento

Para estimar la dispersión espacial y las concentraciones de olor producto de las emisiones de olor provenientes de las granjas² dedicadas a la crianza ganadera intensiva ubicados en los sectores Huanchaquito, Bello Horizonte y Wichanzao, del distrito de Huanchaco, se utilizó un dominio modelamiento de 25 km x 23 km, con una resolución espacial de 1 km y temporal de 1 hora.

Las dimensiones del dominio de modelamiento se establecieron teniendo en cuenta el alcance espacial del transporte de los contaminantes a modelar, el cual está influenciado por el tiempo de residencia de dichos contaminantes en la atmósfera. En paralelo, la resolución espacial del dominio se definió considerando el área que abarca la fuente de emisión y su distancia respecto a los receptores potenciales.

4.2.4. Periodo de modelamiento

El periodo de modelamiento con el cual fue elaborado el modelo de dispersión es igual al periodo de los datos meteorológicos modelados que fueron ingresados al modelo CALPUFF, el cual abarca el periodo del 2018 al 2023.

4.2.5. Escenarios de modelamiento

Para el modelamiento de olores generados por las actividades de crianza ganadera intensiva de las Unidades Fiscalizables de interés, se realizó un solo escenario. Este escenario contempla los niveles de actividad proporcionados por los administrados durante la segunda ejecución de la EAC Huanchaquito³.

² Unidades fiscalizables (UF) de interés durante la segunda ejecución de la EAC Huanchaquito.

³ Evaluación ambiental de causalidad de la población de moscas en las granjas pecuarias y establos ganaderos de los sectores Huanchaquito, Bello Horizonte y Winchanzao, ubicados en el distrito Huanchaco, provincia Trujillo, departamento La Libertad, en el 2024. Segunda ejecución realizada desde el 15 al 23 de agosto del 2024. Con código de acción 003-8-2024-411.

4.2.6. Receptores discretos

Los receptores discretos se definen como aquellos lugares donde es importante evaluar el comportamiento de la concentración de contaminantes (SENAMHI, 2021). En esta sección se presenta los receptores discretos conformados por receptores de interés social. Los receptores sociales son aquellos más vulnerables a las emisiones de un proyecto (viviendas y establecimientos cercanos al proyecto que son afectados por la dirección predominante de los vientos), también son consideradas aquellas áreas que albergan un gran número de personas expuestas por ciertos periodos de tiempo a los contaminantes atmosféricos, como centros poblados y comunidades. En la Tabla 4.4 se presentan las sectores más cercanos a los administrados y que fueron considerados como receptores discretos. En la Figura 4.5 se muestra la ubicación de estos receptores.

Tabla 4.3. Receptores discretos del área de estudio

ID	Código	Sector	Tipo Receptor	Este	Norte
1	RO-01	Ramon Castilla	Residencial	710786.02	9105484.34
2	RO-02	Piedra Blanca	Residencial	710196.49	9105513.68
3	RO-03	Residencial Sol de Chan Chan	Residencial	710341.27	9105022.62
4	RO-04	AA.HH. Villa Los Angeles	Residencial	710275.53	9104398.97
5	RO-05	Huanchaquito Bajo	Residencial	709303.06	9103466.45
6	RO-06	Villa Aeropuerto	Residencial	709305.42	9105902.67
7	RO-07	Huanchaquito alto	Residencial	709309.90	9105377.47
8	RO-08	Residencial Santa Julia	Residencial	709672.14	9104611.36
9	RO-09	Huanchaquito Bajo	Residencial	708933.28	9103766.68
10	RO-10	Residencial San Francisco de Asis	Residencial	709300.21	9104605.56
11	RO-11	Residencial Sol de Huanchaco	Residencial	709093.66	9104808.93
12	RO-12	AA.HH. Bello Horizonte	Residencial	708871.52	9105771.38
13	RO-13	San Pablo y San Pedro	Residencial	708706.08	9105337.49
14	RO-14	San Pedro	Residencial	708679.05	9104528.84
15	RO-15	Huanchaquito Bajo	Residencial	708528.72	9104070.57
16	RO-16	Bellamar	Residencial	708413.78	9104405.05
17	RO-17	Área de embarque del Aeropuerto Internacional Capitán FAP Carlos Martínez de Pinillos	Aeropuerto	708523.81	9105747.27
18	RO-18	Las Lomas de Huanchaco	Residencial	708038.54	9106127.18
19	RO-19	Las Lomas de Huanchaco	Residencial	707926.82	9105772.43
20	RO-20	Las Lomas de Huanchaco	Residencial	707809.36	9105327.17
21	RO-21	El Tablazo	Residencial	707824.53	9106548.07
22	RO-22	Las Lomas de Huanchaco	Residencial	707640.34	9105898.23
23	RO-23	Las Lomas de Huanchaco	Residencial	707459.71	9105410.24
24	RO-24	Huanchaco	Residencial	707349.19	9106050.30
25	RO-25	Las Lomas II de Huanchaco	Residencial	707290.01	9105723.90
26	RO-26	San Francisco de Asís	Residencial	709808.04	9105289.14
27	RO-27	Valdivia Baja	Residencial	709880.06	9105688.24
28	RO-28	Residencial El Polo	Residencial	708862.54	9105520.97
29	RO-29	San Carlos	Residencial	709058.23	9105119.90
30	RO-30	Cerro La Virgen	Residencial	708201.30	9107923.98

REPORTE DE MODELAMIENTO DE OLORES

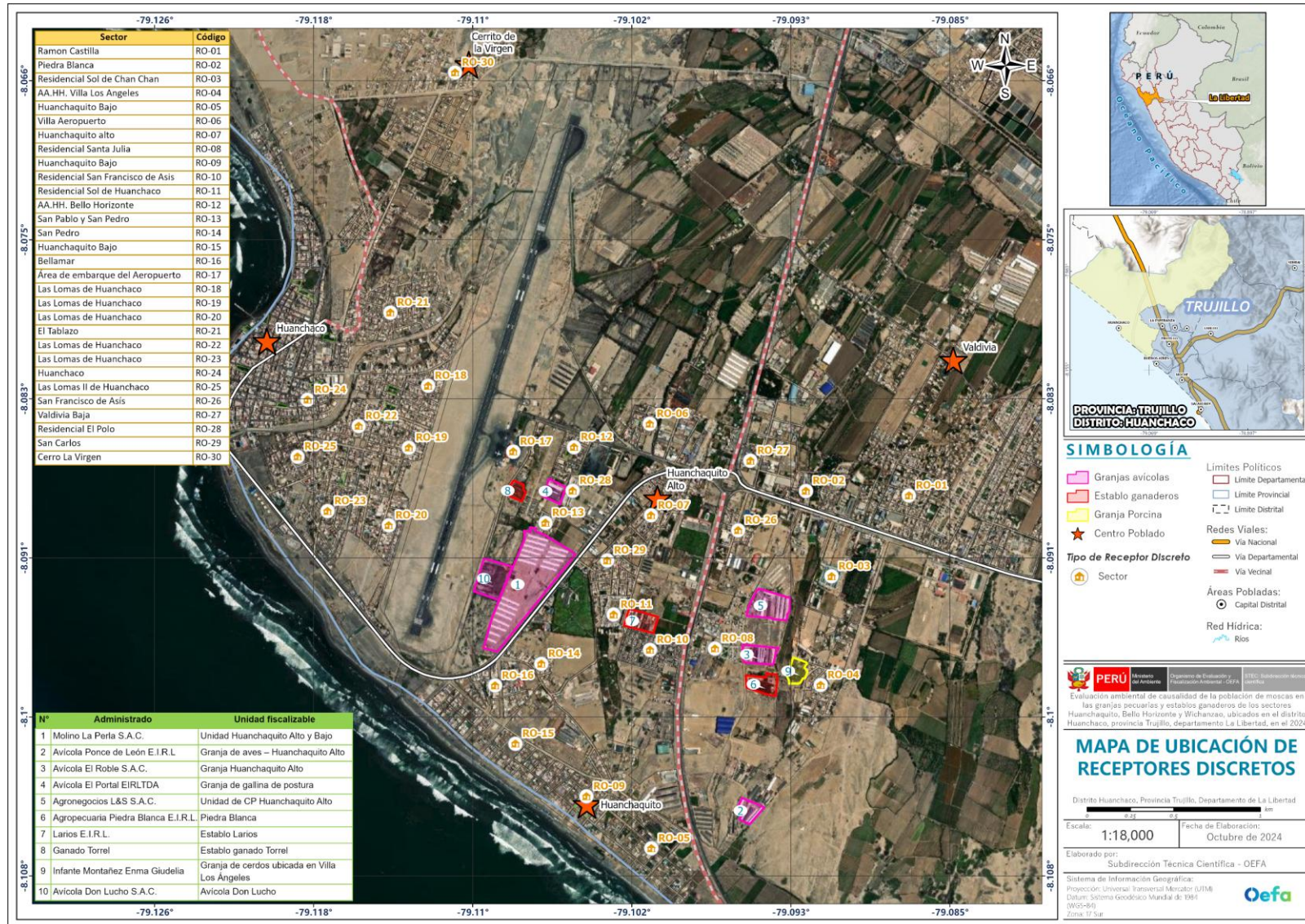


Figura 4.5. Ubicación de los receptores discretos

4.2.7. Criterios de evaluación

Se emplearon estándares internacionales como parte de los criterios de evaluación de concentración de olor. A continuación, se muestra en la Tabla 4.5, los estándares para olor de diferentes países usados en el presente estudio.

Tabla 4.4. Estándares internacionales para la evaluación de olor

País	Región	Actividad	Criterios de impacto de olor		Estándares (OU/m ³)
Colombia		Unidad producción pecuaria	1 hora (horas modeladas durante un año)	Percentil 98	5
Gran Bretaña		Ganadería intensiva			3
España	Cataluña	Ganadería, tratamiento de productos orgánicos, plantas de tratamiento de aguas residuales			5
Holanda		Ganadería (área concentrada, dentro zona edificada)			3

5. RESULTADOS

5.1. Inventario de emisiones de olores

En las granjas de crianza ganadera intensiva del área de estudio, se identificaron dos principales fuentes generadoras de malos olores: i) las instalaciones de crianza/producción de animales de granja, como aves y ganado, que contribuye con el 85.8% del total de las emisiones; y ii) las áreas de tratamiento de los desechos orgánicos generados en la granja, tales como excretas, aves muertas y aguas residuales porcinas, que aportan con el 14.2% restante (Figura 5.1). Estas fuentes varían según la actividad de cada administrado. Además, se verificó que ninguno de los administrados aplica medidas para el control de olores, por lo que no fue considerado en la estimación de emisiones.

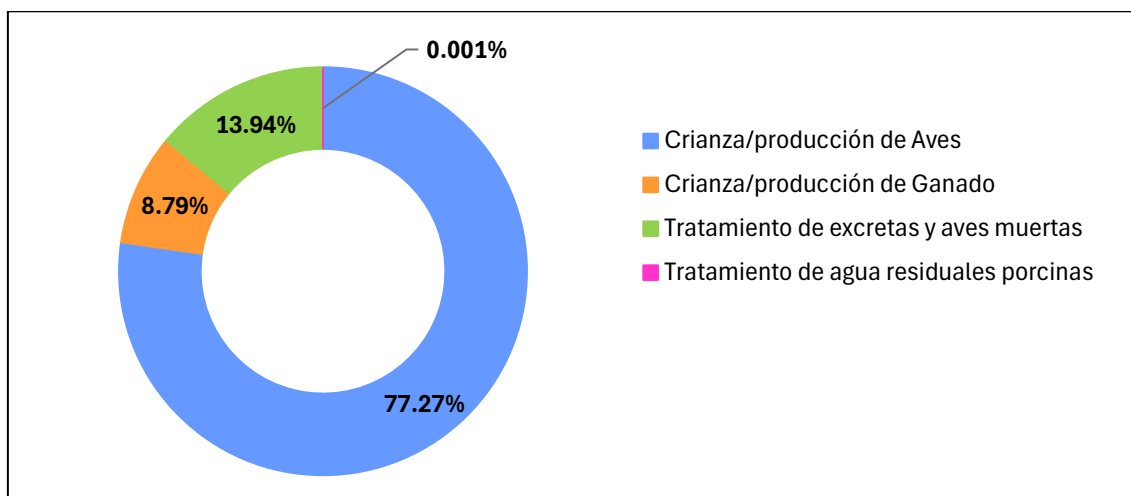


Figura 5.1. Aporte de emisiones de olores por proceso de crianza ganadera intensiva en el área de estudio

Los mayores generadores de olores en el área de estudio, que comprende un total de 10 administrados, son aquellos dedicados a las actividades de crianza de aves para producción de carne y huevos, destacando en primer lugar Avícola Molino La Perla, seguido por Avícola Agronegocios y Avícola Ponce de León (Figura 5.2). Las fuentes de emisión en estas actividades incluyen tanto los procesos de crianza/producción de aves como el tratamiento de las excretas y aves muertas. En el caso de Avícola Molino La Perla (que se limita a la crianza de pollos de engorde para producción de carne), estos contribuyen con el 80% y 20% de las emisiones de olores, respectivamente. En los administrados Avícola Agronegocios, Avícola Ponce de León, Avícola El Roble y Avícola El Portal, alrededor del 97.6% de las emisiones provienen de la crianza de gallinas de postura para producción de huevos, mientras que el 2.4% restante corresponde al tratamiento de excretas y/o aves muertas (Figura 5.3).

Por su parte, Avícola Don Lucho S.A.C., además de dedicarse a la crianza de aves, también cuenta con instalaciones para la crianza de ganado vacuno, porcino y equino. En este caso, las emisiones de olores generados por la crianza de ganado (58.1%) es mayor al de aves (30.5%). El tratamiento de excretas contribuye con el 11.37% de las emisiones totales.

Entre los administrados que llevan a cabo las actividades de crianza/producción de ganado, Granja Porcina Enma Infante es el principal emisor de olores; seguido por Agropecuario Piedra Blanca (Figura 5.2). Las emisiones de olores de la Granja Porcina Enma Infante provienen casi en su totalidad de la crianza de ganado porcino, con un 99.97% y el tratamiento de aguas residuales porcinas genera apenas el 0.03% de estas emisiones. En el caso de los administrados dedicados a la crianza de ganado vacuno, tales como Agropecuario Piedra Blanca, Establo Larios y Establo Torrel, el 100% de las emisiones de olores se atribuye a las instalaciones de crianza, ya que no cuentan con áreas para el tratamiento de excretas (Figura 5.3).

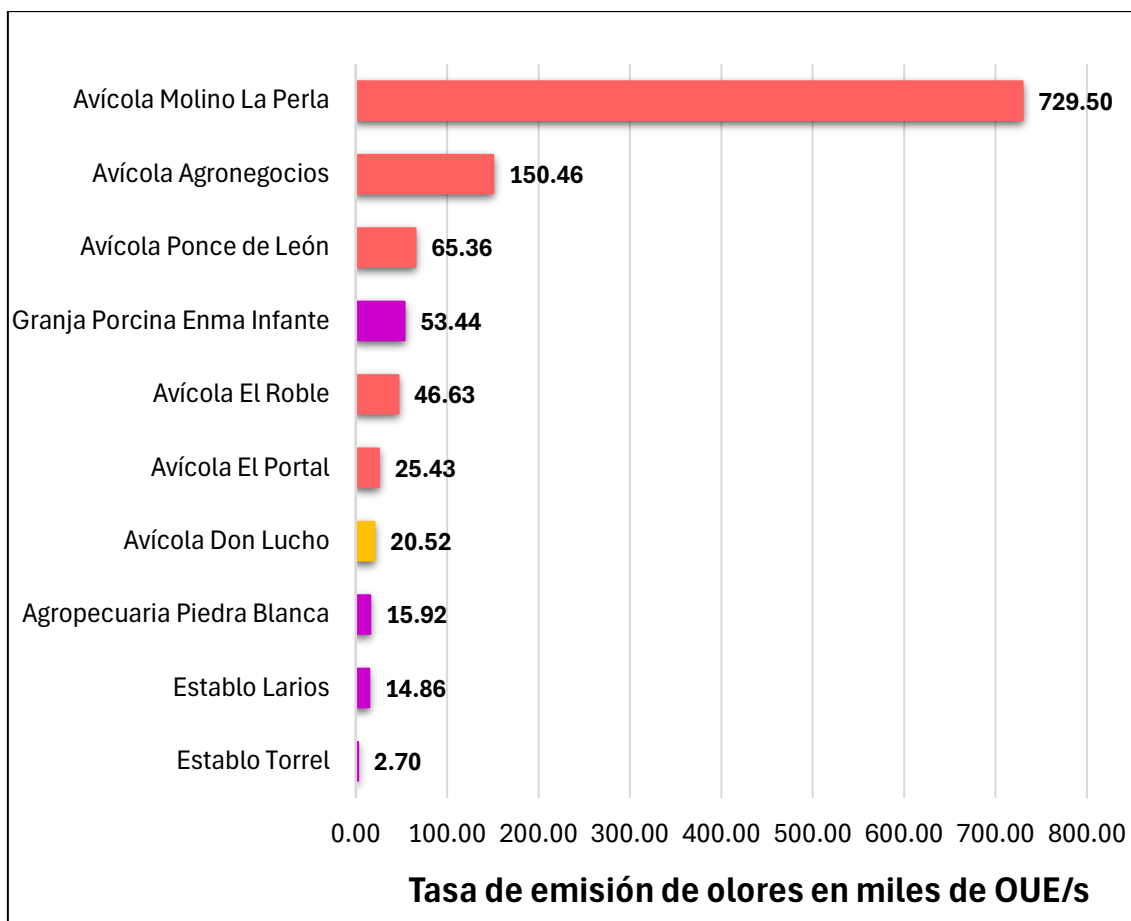


Figura 5.2. Emisiones de olores generados por los administrados del área de estudio

En general dentro del área de estudio, la actividad de crianza de aves para producción de carne es el principal generador de emisiones de olores, aportando con el 64.85% del total. Le sigue la crianza de aves para producción de huevos, que representa el 27.42% de las emisiones. El 7.73% restante proviene de las actividades de crianza de porcinos para producción de carne, así como de la crianza de ganado vacuno para producción de leche y carne (Figura 5.4).

REPORTE DE MODELAMIENTO DE OLORES

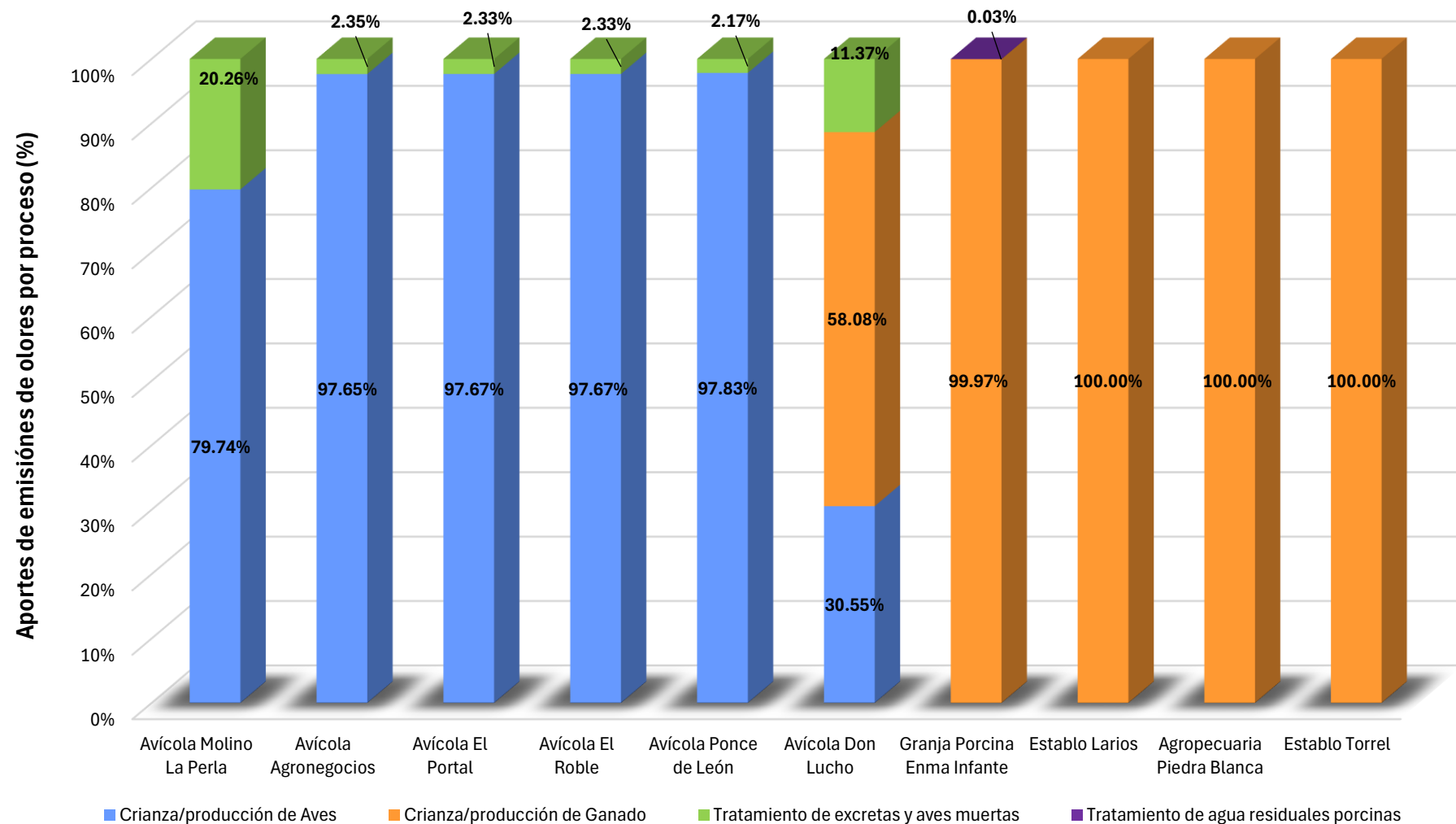


Figura 5.3. Aporte de emisiones de olores de los procesos de las granjas pecuarias y establos ganaderos en el área de estudio

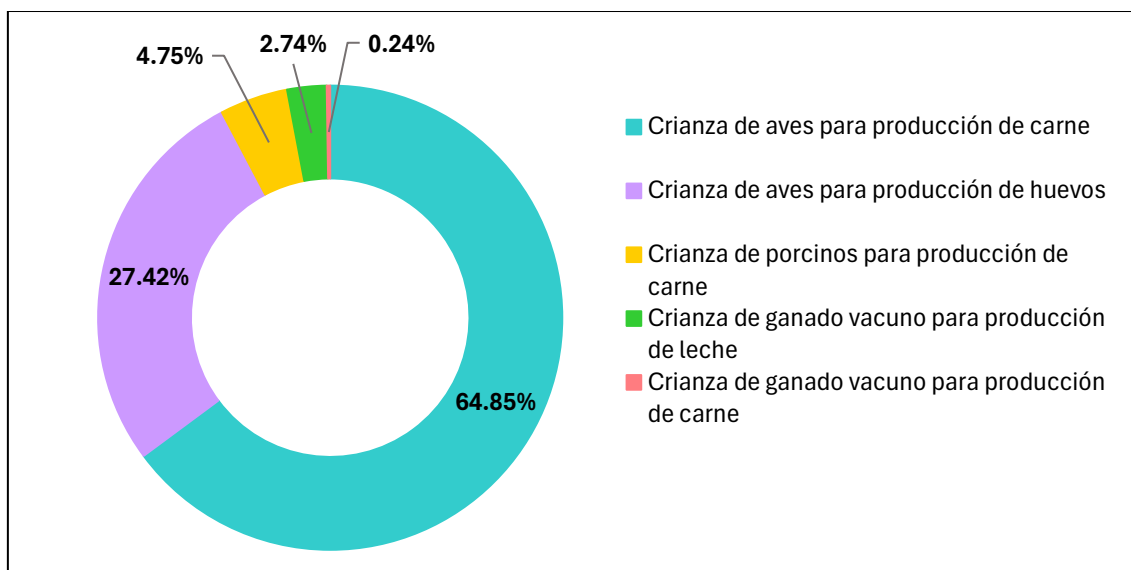


Figura 5.4. Aporte de emisiones de olores por actividad de las granjas pecuarias y establos ganaderos en el área de estudio

En los anexos se presentan las tasas de emisión de olores en OU_E/s (los cuales fueron estimados a partir de factores de emisión de olor) y los flujos de emisión de olores en $OU_E/s.m^2$ generados por las fuentes de emisión identificadas en cada una de las 10 unidades fiscalizables del área de estudio.

5.2. Modelamiento de dispersión de olores: Concentraciones modeladas

En la Tabla 7.1 se presentan el máximo valor y el percentil 98 de las concentraciones de olores promedio horarias modeladas durante un periodo anual para los años 2018 al 2023, que corresponden a los receptores discretos identificados. Cabe resaltar que, las concentraciones modeladas son el resultado del aporte conjunto de las 10 unidades fiscalizables que forman parte del inventario de emisiones, sin incluir la contribución de otras fuentes antropogénicas o naturales del área de estudio.

El modelamiento muestra que las concentraciones de olores más elevadas ocurren en el área de embarque del Aeropuerto Internacional Capitán FAP Carlos Martínez de Pinillos (receptor RO-17), alcanzando valores de hasta $14.54 OU_E/m^3$. Las concentraciones promedio horarias máximas en 22 de los 30 receptores discretos del área de estudio exceden el estándar de la norma de Gran Bretaña y Holanda igual a $3 OU_E/m^3$ y de la norma de Colombia y Cataluña (España) igual a $5 OU_E/m^3$ en al menos uno de los años meteorológicos evaluados. Este último límite permisible, de $5 OU_E/m^3$, es superado en 14 de los 22 receptores, los cuales se ubican principalmente en la zona urbana al sureste del aeropuerto.

El percentil 98 de las concentraciones promedio horaria a las que se encuentra expuesto el receptor RO-17 sobrepasa los límites establecidos por la norma de Gran Bretaña y Holanda ($3 OU_E/m^3$) y de Colombia y Cataluña (España) ($5 OU_E/m^3$) en cada uno de los 06 años evaluados (2018 al 2023), con valores que oscilan entre 5 a $7.03 OU_E/m^3$. Asimismo, el receptor RO-18, ubicado en el sector Lomas de Huanchaco, al lado oeste del aeropuerto, presentó en 2023, una concentración en el percentil 98 de $3.75 OU_E/m^3$, superando el estándar de Gran Bretaña y Holanda ($3 OU_E/m^3$).

Ambos receptores se ubican dentro de las áreas donde el percentil 98 de las concentraciones horarias superan los límites de la norma de Gran Bretaña, Holanda,

Colombia y Cataluña (Español). Estas áreas incluyen parte del emplazamiento del aeropuerto y la zona urbana circundante; así como en los alrededores de Avícola Ponce de León, que está ocupado principalmente por zonas agrícolas y otras actividades pecuarias. Esto significa que, los residentes de estas áreas están expuestos durante el 2% del tiempo anual a concentraciones que superan el $3 \text{ OU}_E/\text{m}^3$ y $5 \text{ OU}_E/\text{m}^3$, lo cual indica que experimentan molestia grave debido a los olores generado por las granjas.

En las Figuras de 5.5 al 5.10 se presenta los mapas de la dispersión de las concentraciones de olor que corresponden al máximo valor promedio horario durante un periodo anual de los años 2018 al 2023. Es preciso mencionar que en los mapas se delinear de manera referencial los niveles permisibles de olor, específicamente de $3 \text{ OU}/\text{m}^3$ y $5 \text{ OU}/\text{m}^3$; esto con la finalidad de poder identificar las zonas con mayor influencia cuando las concentraciones de olor alcancen su valor máximo.

En las Figuras del 5.11 al 5.15 se muestran los mapas de dispersión del percentil 98 de las concentraciones de olores promedio horarias de los años 2018 al 2023. El percentil 98 determina el límite de la zona geográfica donde se sobrepasa un determinado umbral de olor (para esta evaluación del $3 \text{ OU}/\text{m}^3$ y $5 \text{ OU}/\text{m}^3$) durante el 2% de las horas en un periodo anual (175 horas).

REPORTE DE MODELAMIENTO DE OLORES

Tabla 5.1. Concentraciones modeladas de olores en los receptores discretos del área de estudio

Contaminante						1er Máximo Concentración de olores - Promedio 1 hora en OU _E /m ³ Concentración Modelada (CM)						Percentil 98 de las concentraciones de olores - Promedio 1 hora en OUE/m3 Concentración Modelada (CM)					
Escenario de modelamiento						Escenario Base											
Año						2018	2019	2020	2021	2022	2023	2018	2019	2020	2021	2022	2023
ID	Código	Sector	Tipo Receptor	Este	Norte	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM
1	RO-01	Ramon Castilla	Residencial	710786.02	9105484.34	1.493	1.544	0.260	0.273	0.547	1.282	0.026	0.020	0.012	0.041	0.028	0.048
2	RO-02	Piedra Blanca	Residencial	710196.49	9105513.68	1.173	1.072	0.469	0.600	0.543	1.113	0.088	0.069	0.044	0.095	0.075	0.102
3	RO-03	Residencial Sol de Chan Chan	Residencial	710341.27	9105022.62	1.250	1.862	0.514	0.730	1.606	2.369	0.096	0.064	0.044	0.118	0.091	0.135
4	RO-04	AA.HH. Villa Los Ángeles	Residencial	710275.53	9104398.97	3.862	2.529	1.545	3.201	2.710	4.524	0.208	0.156	0.093	0.281	0.201	0.330
5	RO-05	Huanchaquito Bajo	Residencial	709303.06	9103466.45	3.107	2.720	2.226	4.717	3.675	4.166	0.289	0.240	0.077	0.667	0.524	0.543
6	RO-06	Villa Aeropuerto	Residencial	709305.42	9105902.67	1.450	2.704	2.005	2.352	1.874	2.730	0.388	0.371	0.317	0.270	0.266	0.393
7	RO-07	Huanchaquito alto	Residencial	709309.90	9105377.47	3.436	6.803	1.726	2.838	2.841	9.744	0.580	0.555	0.509	0.466	0.443	0.616
8	RO-08	Residencial Santa Julia	Residencial	709672.14	9104611.36	4.783	3.666	3.542	5.542	3.859	6.220	1.510	1.409	1.271	1.409	1.352	1.613
9	RO-09	Huanchaquito Bajo	Residencial	708933.28	9103766.68	3.522	2.920	3.686	4.437	4.386	3.272	0.344	0.424	0.323	0.537	0.532	0.438
10	RO-10	Residencial San Francisco de Asís	Residencial	709300.21	9104605.56	4.607	3.459	3.442	5.971	4.196	4.320	1.088	1.040	0.983	1.045	0.989	1.242
11	RO-11	Residencial Sol de Huanchaco	Residencial	709093.66	9104808.93	7.364	3.258	6.118	7.136	5.043	5.640	0.853	0.782	0.713	0.859	0.777	1.046
12	RO-12	AA.HH. Bello Horizonte	Residencial	708871.52	9105771.38	8.365	7.824	4.335	5.544	5.968	9.408	1.435	1.285	0.997	1.301	1.236	1.310
13	RO-13	San Pablo y San Pedro	Residencial	708706.08	9105337.49	11.921	10.017	12.021	11.217	11.486	11.922	1.548	1.403	1.052	2.324	1.942	2.432
14	RO-14	San Pedro	Residencial	708679.05	9104528.84	5.343	4.039	2.904	4.567	3.492	5.164	0.687	0.543	0.464	0.793	0.674	1.185
15	RO-15	Huanchaquito Bajo	Residencial	708528.72	9104070.57	3.165	2.722	1.984	2.319	3.063	2.224	0.241	0.283	0.219	0.382	0.363	0.326
16	RO-16	Bellamar	Residencial	708413.78	9104405.05	4.053	4.173	2.794	3.601	3.213	3.796	0.335	0.337	0.254	0.494	0.422	0.492
17	RO-17	Área de embarque del Aeropuerto Internacional Capitán FAP Carlos Martínez de Pinillos	Aeropuerto	708523.81	9105747.27	13.930	14.541	13.006	13.509	13.763	14.103	6.121	5.385	5.006	5.543	5.284	7.025
18	RO-18	Las Lomas de Huanchaco	Residencial	708038.54	9106127.18	8.921	8.264	9.766	10.432	8.783	9.942	2.755	2.340	2.191	2.551	2.447	3.754
19	RO-19	Las Lomas de Huanchaco	Residencial	707926.82	9105772.43	8.927	9.844	8.299	9.654	8.431	9.935	1.908	1.885	1.741	2.464	2.116	2.281
20	RO-20	Las Lomas de Huanchaco	Residencial	707809.36	9105327.17	6.524	5.001	4.631	5.229	5.131	6.156	1.883	1.859	1.529	2.248	2.005	2.298
21	RO-21	El Tablazo	Residencial	707824.53	9106548.07	6.784	5.906	4.326	5.782	5.801	6.460	1.966	1.596	1.687	1.606	1.623	2.351

REPORTE DE MODELAMIENTO DE OLORES

Contaminante						1er Máximo Concentración de olores - Promedio 1 hora en OU _E /m ³ Concentración Modelada (CM)						Percentil 98 de las concentraciones de olores - Promedio 1 hora en OUE/m3 Concentración Modelada (CM)					
Escenario de modelamiento						Escenario Base											
Año						2018	2019	2020	2021	2022	2023	2018	2019	2020	2021	2022	2023
ID	Código	Sector	Tipo Receptor	Este	Norte	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM
22	RO-22	Las Lomas de Huanchaco	Residencial	707640.34	9105898.23	3.921	4.221	3.319	4.457	4.941	5.262	1.298	1.159	1.077	1.334	1.258	1.493
23	RO-23	Las Lomas de Huanchaco	Residencial	707459.71	9105410.24	4.328	3.183	3.582	3.973	4.028	3.874	1.048	1.129	0.942	1.343	1.186	1.295
24	RO-24	Huanchaco	Residencial	707349.19	9106050.30	2.372	2.478	2.149	2.819	2.970	2.621	0.888	0.843	0.760	0.946	0.863	1.028
25	RO-25	Las Lomas II de Huanchaco	Residencial	707290.01	9105723.90	2.305	2.328	2.363	2.111	2.576	2.548	0.892	0.902	0.821	1.002	0.922	1.000
26	RO-26	San Francisco de Asís	Residencial	709808.04	9105289.14	1.603	1.470	2.463	1.025	1.629	4.450	0.395	0.346	0.244	0.247	0.238	0.297
27	RO-27	Valdivia Baja	Residencial	709880.06	9105688.24	1.177	1.527	1.193	0.696	0.628	1.367	0.176	0.153	0.095	0.131	0.117	0.149
28	RO-28	Residencial El Polo	Residencial	708862.54	9105520.97	8.857	9.700	6.311	7.644	7.771	10.891	2.656	2.479	2.155	2.627	2.460	2.800
29	RO-29	San Carlos	Residencial	709058.23	9105119.90	9.660	6.696	5.935	10.753	8.744	8.759	0.824	0.755	0.693	0.738	0.736	1.017
30	RO-30	Cerro La Virgen	Residencial	708201.30	9107923.98	1.588	1.424	2.032	1.574	1.359	1.232	0.369	0.297	0.195	0.159	0.162	0.170

Excede el estándar de referencia para olores generado por actividades de producción pecuaria de la norma de Gran Bretaña y Holanda igual a $3 \text{ OU}_E/\text{m}^3$

Excede el estándar de referencia para olores generado por actividades de producción pecuaria de las normas de Gran Bretaña y Holanda ($3 \text{ OU}/\text{m}^3$), así como las normas de Colombia y Cataluña (España) ($5 \text{ OUE}/\text{m}^3$).

REPORTE DE MODELAMIENTO DE OLORES

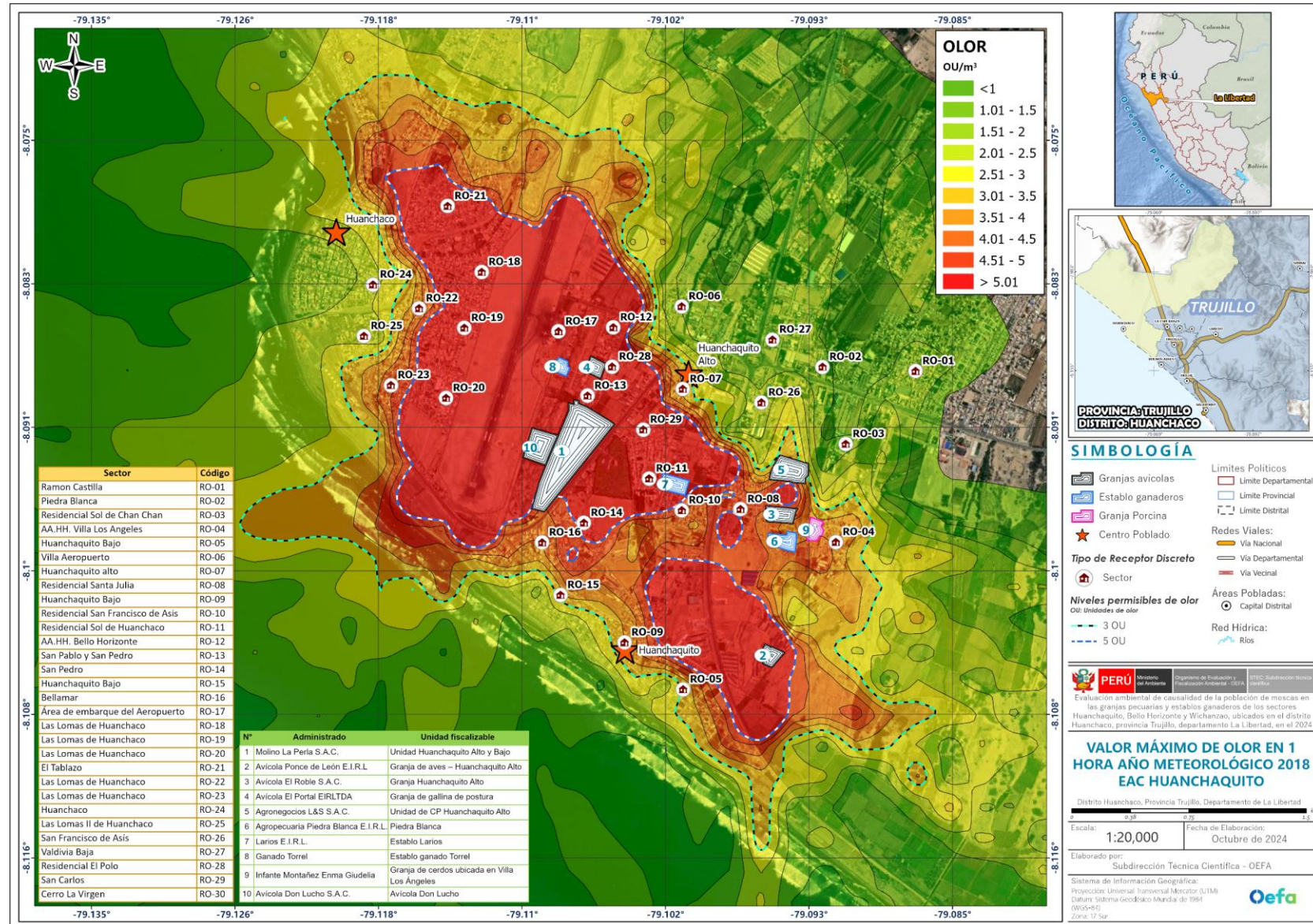


Figura 5.5. Distribución espacial del valor máximo de las concentraciones de olor en 1 hora para el año meteorológico 2018

REPORTE DE MODELAMIENTO DE OLORES

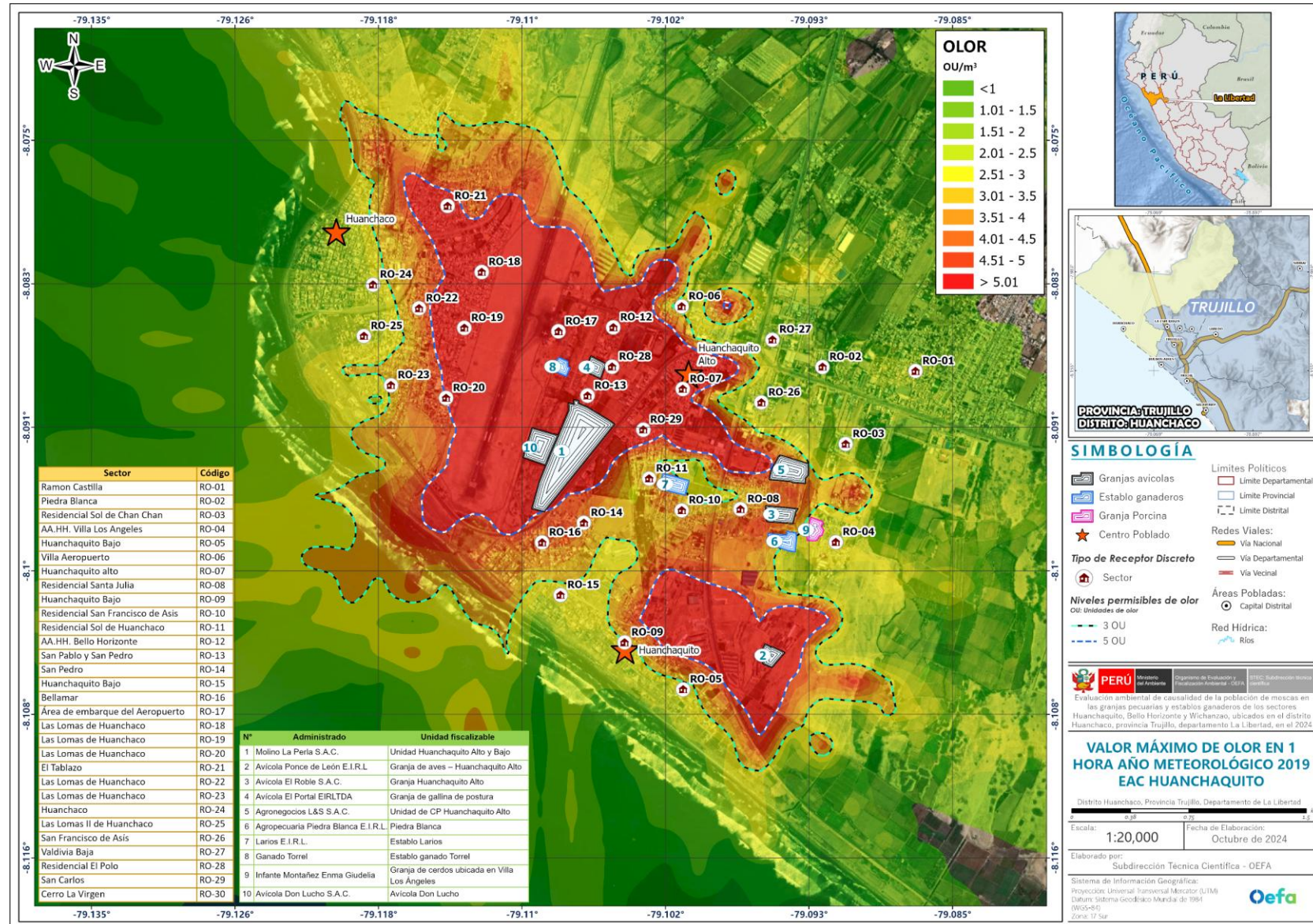


Figura 5.6. Distribución espacial del valor máximo de las concentraciones de olor en 1 hora para el año meteorológico 2019

REPORTE DE MODELAMIENTO DE OLORES

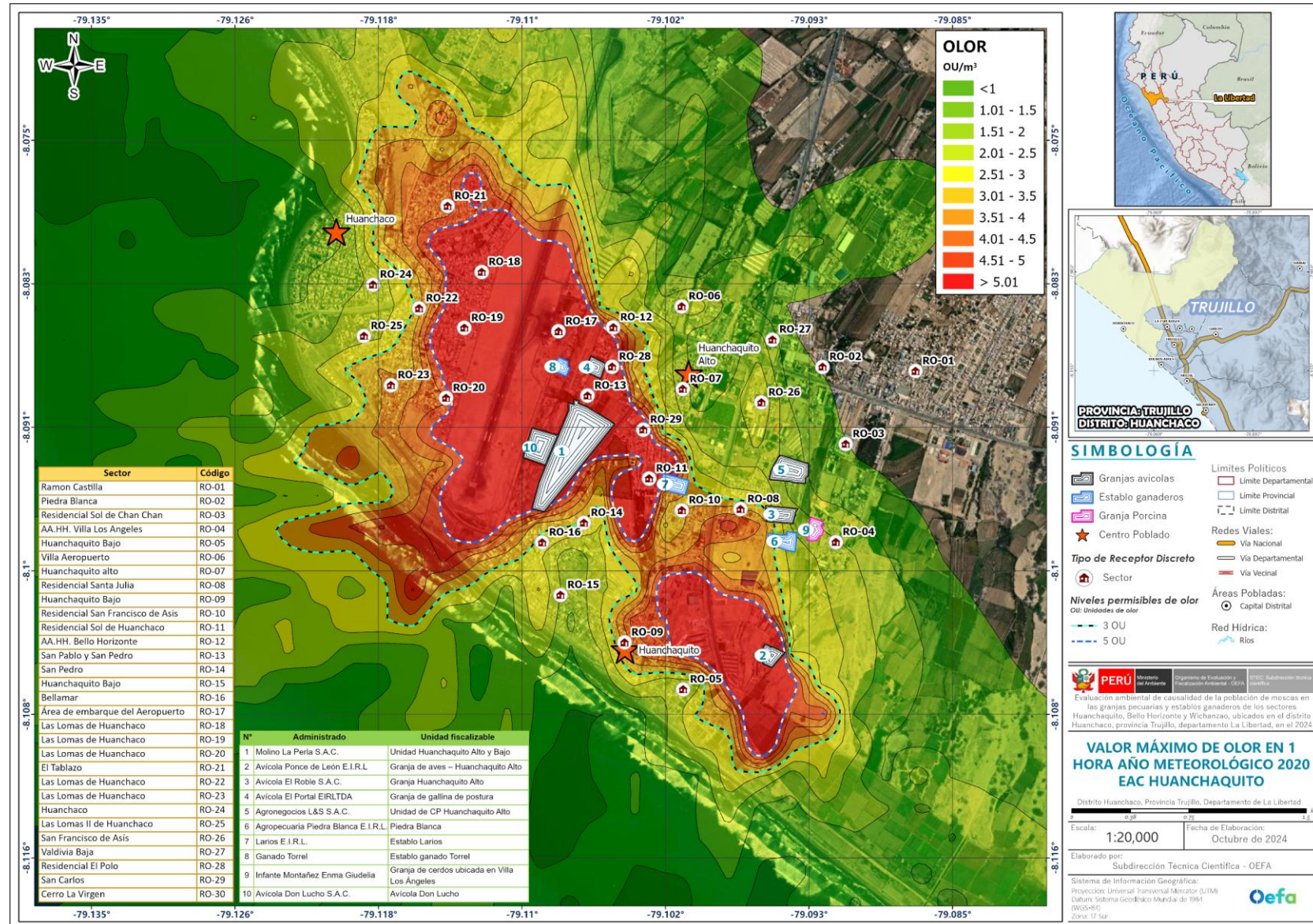


Figura 5.7. Distribución espacial del valor máximo de las concentraciones de olor en 1 hora para el año meteorológico 2020

REPORTE DE MODELAMIENTO DE OLORES

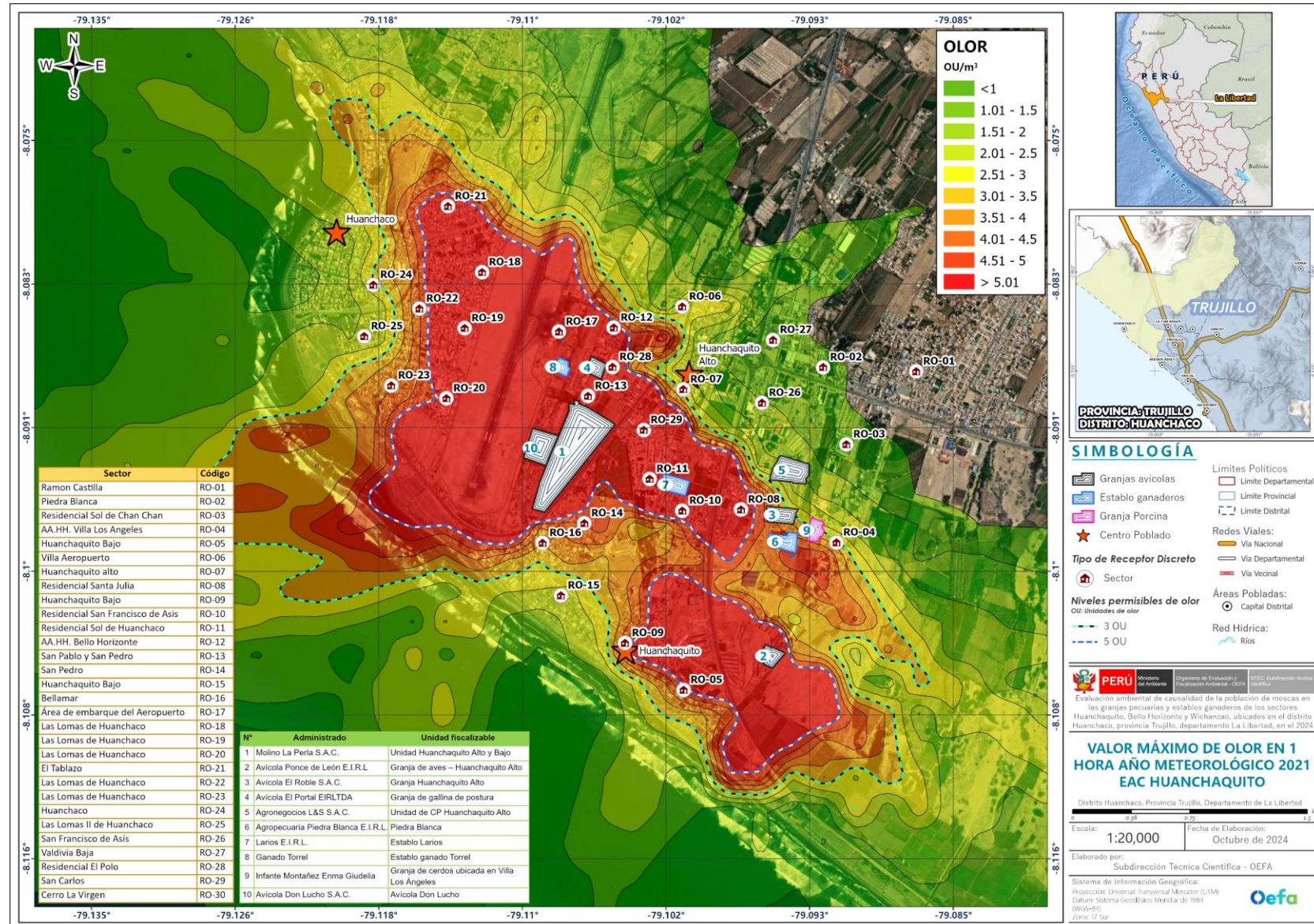


Figura 5.8. Distribución espacial del valor máximo de las concentraciones de olor en 1 hora para el año meteorológico 2021

REPORTE DE MODELAMIENTO DE OLORES

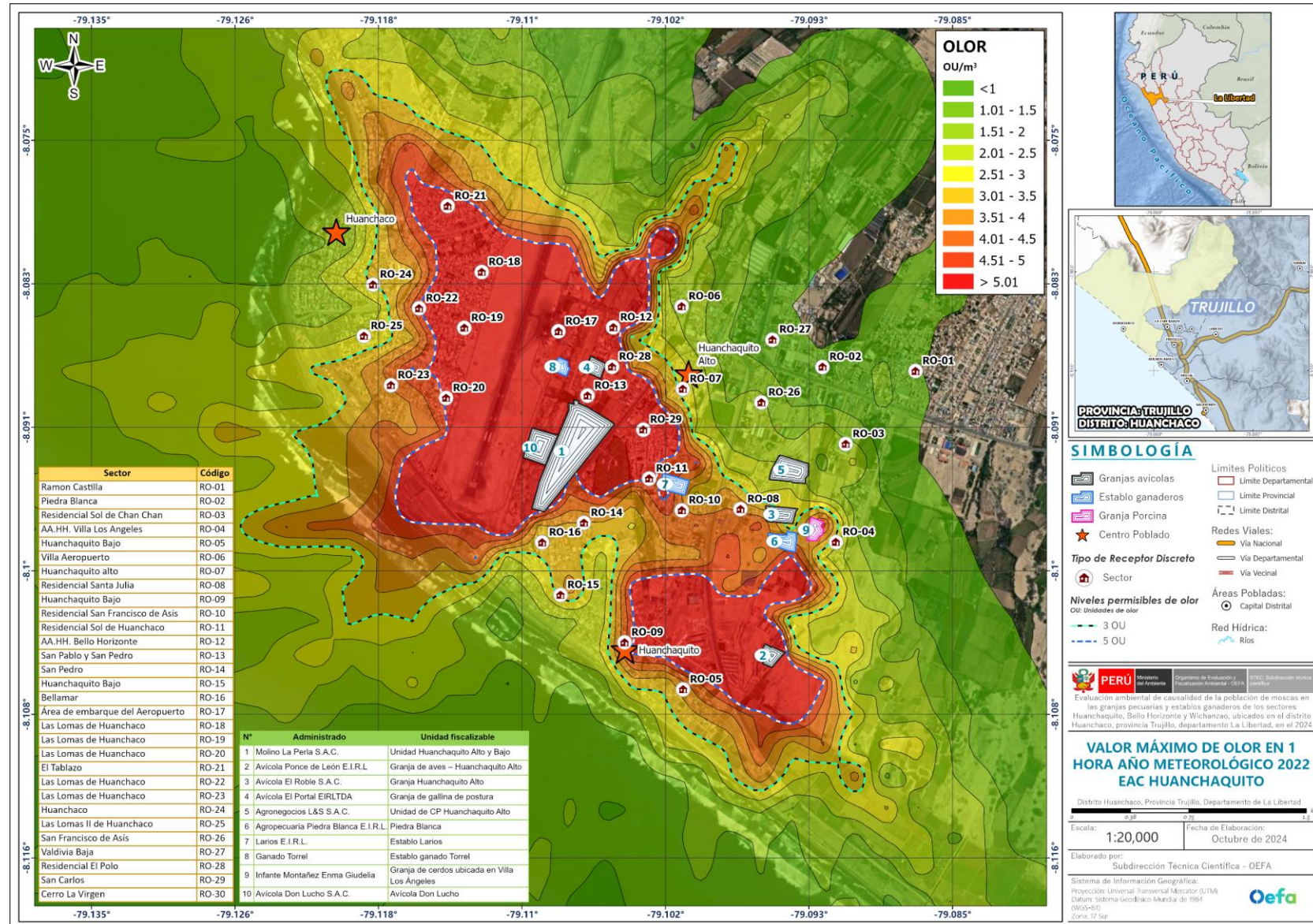


Figura 5.9. Distribución espacial del valor máximo de las concentraciones de olor en 1 hora para el año meteorológico 2022

REPORTE DE MODELAMIENTO DE OLORES

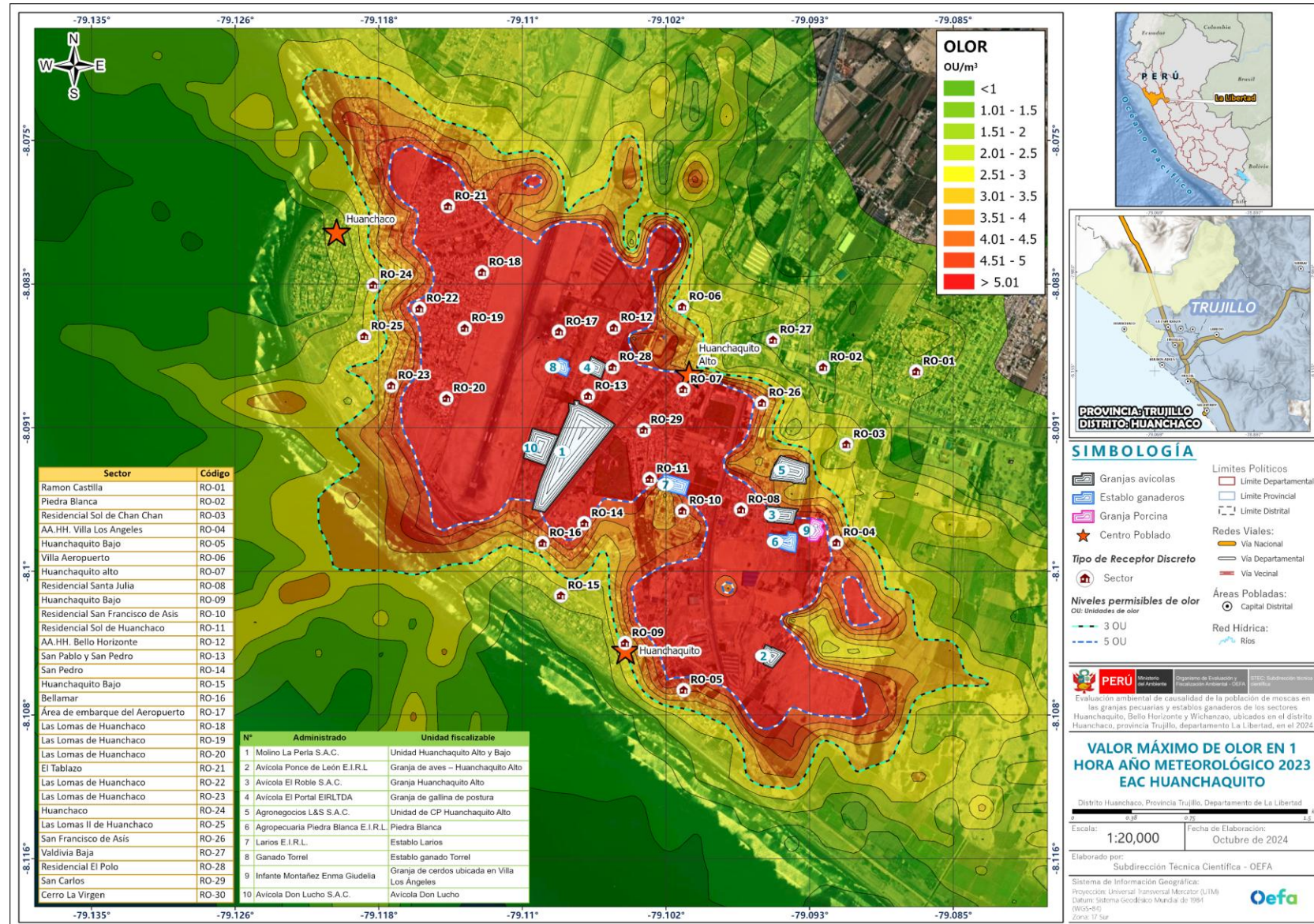


Figura 5.10. Distribución espacial del valor máximo de las concentraciones de olor en 1 hora para el año meteorológico 2023

REPORTE DE MODELAMIENTO DE OLORES

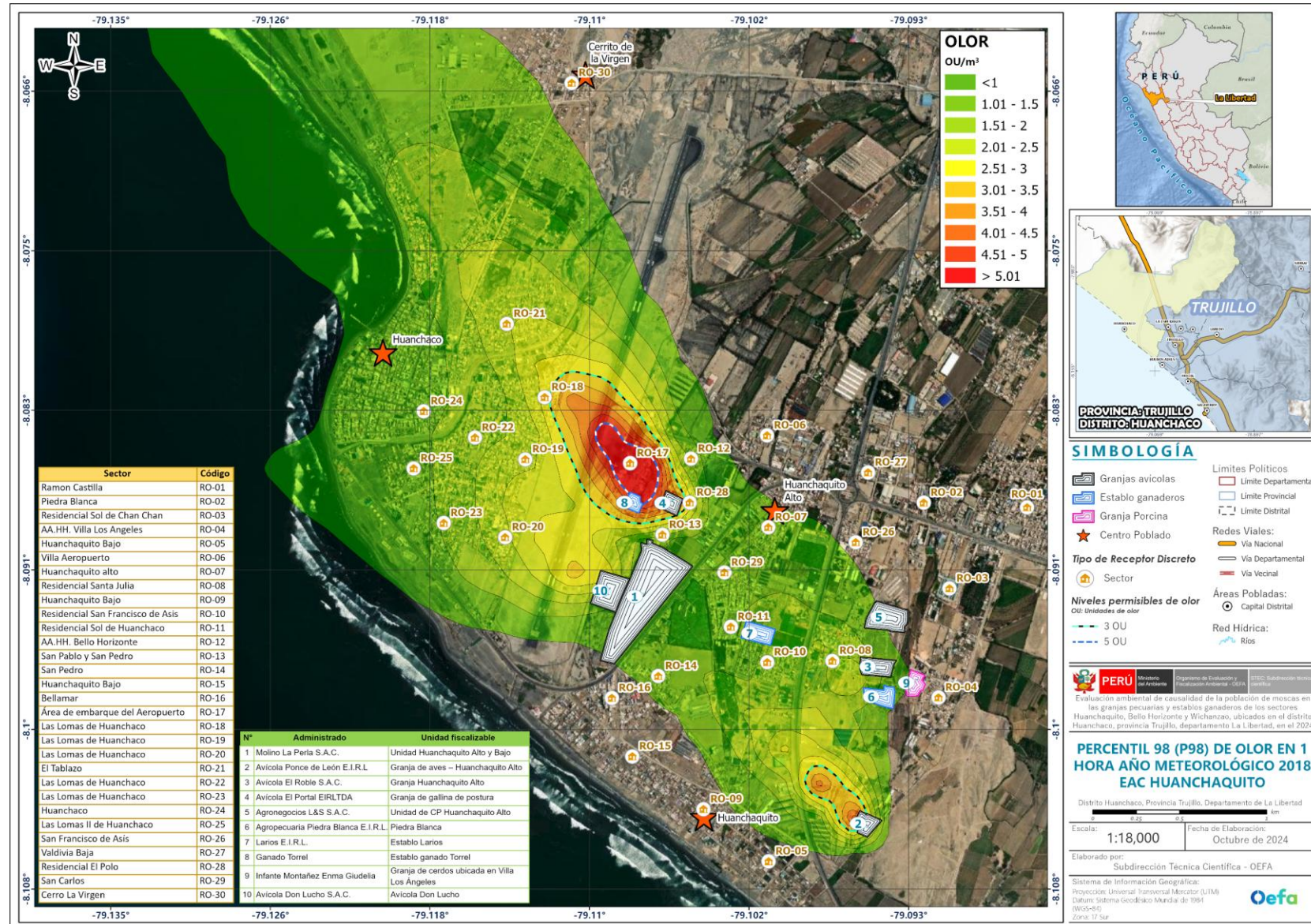


Figura 5.11. Distribución espacial del percentil 98 (P98) de las concentraciones de olor en 1 hora para el año meteorológico 2018

REPORTE DE MODELAMIENTO DE OLORES

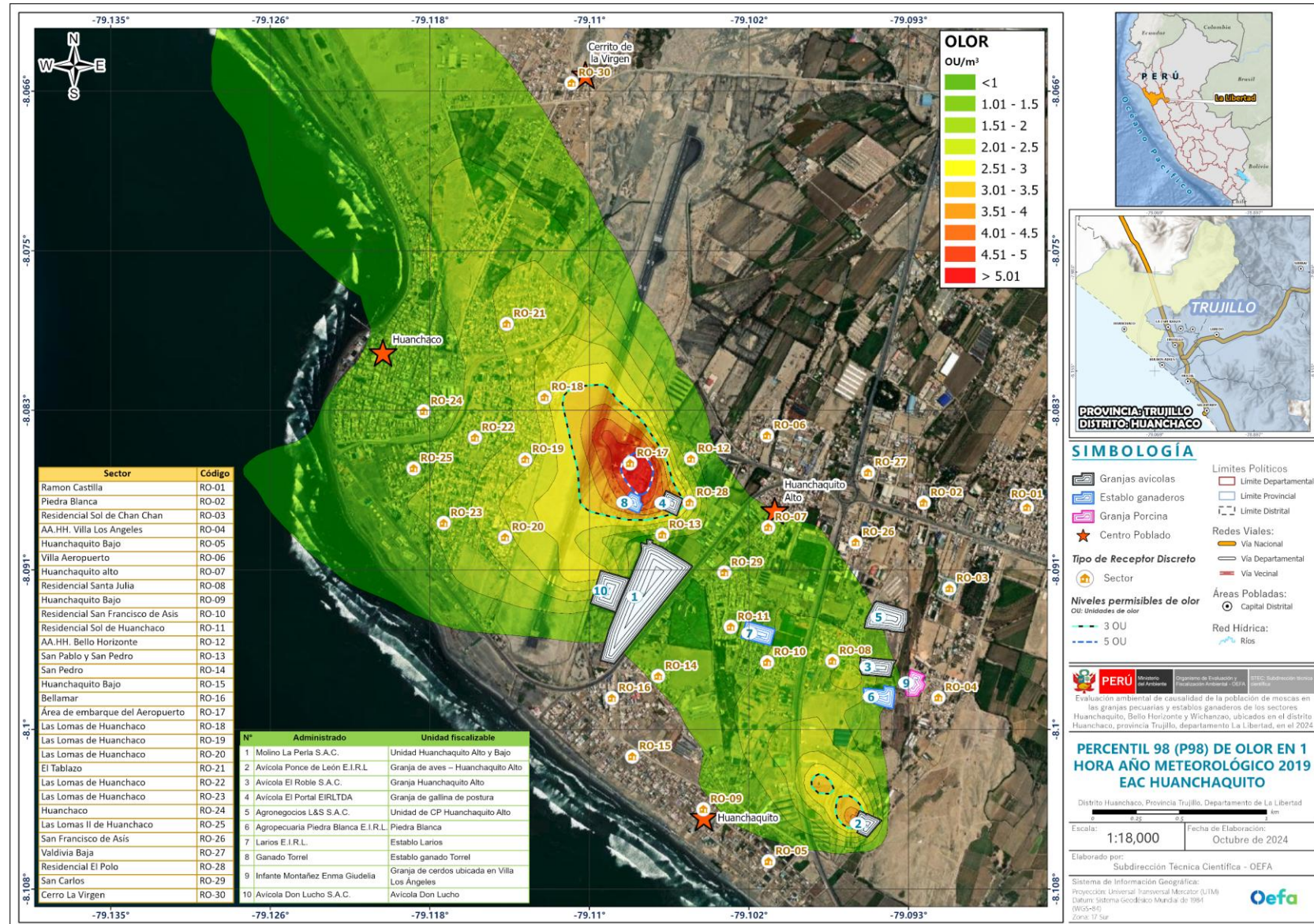


Figura 5.12. Distribución espacial del percentil 98 (P98) de las concentraciones de olor en 1 hora para el año meteorológico 2019

REPORTE DE MODELAMIENTO DE OLORES

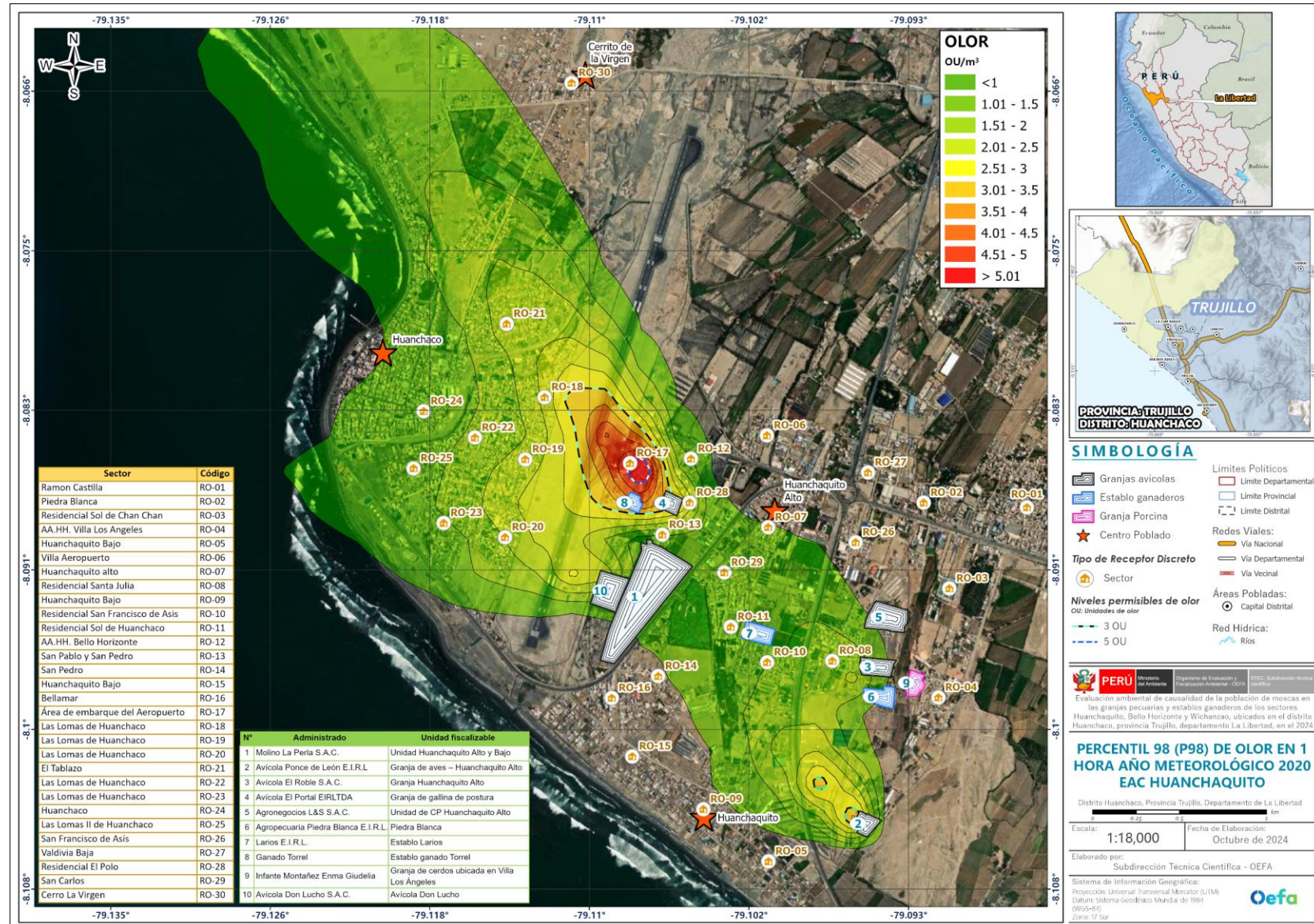


Figura 5.13. Distribución espacial del percentil 98 (P98) de las concentraciones de olor en 1 hora para el año meteorológico 2020

REPORTE DE MODELAMIENTO DE OLORES

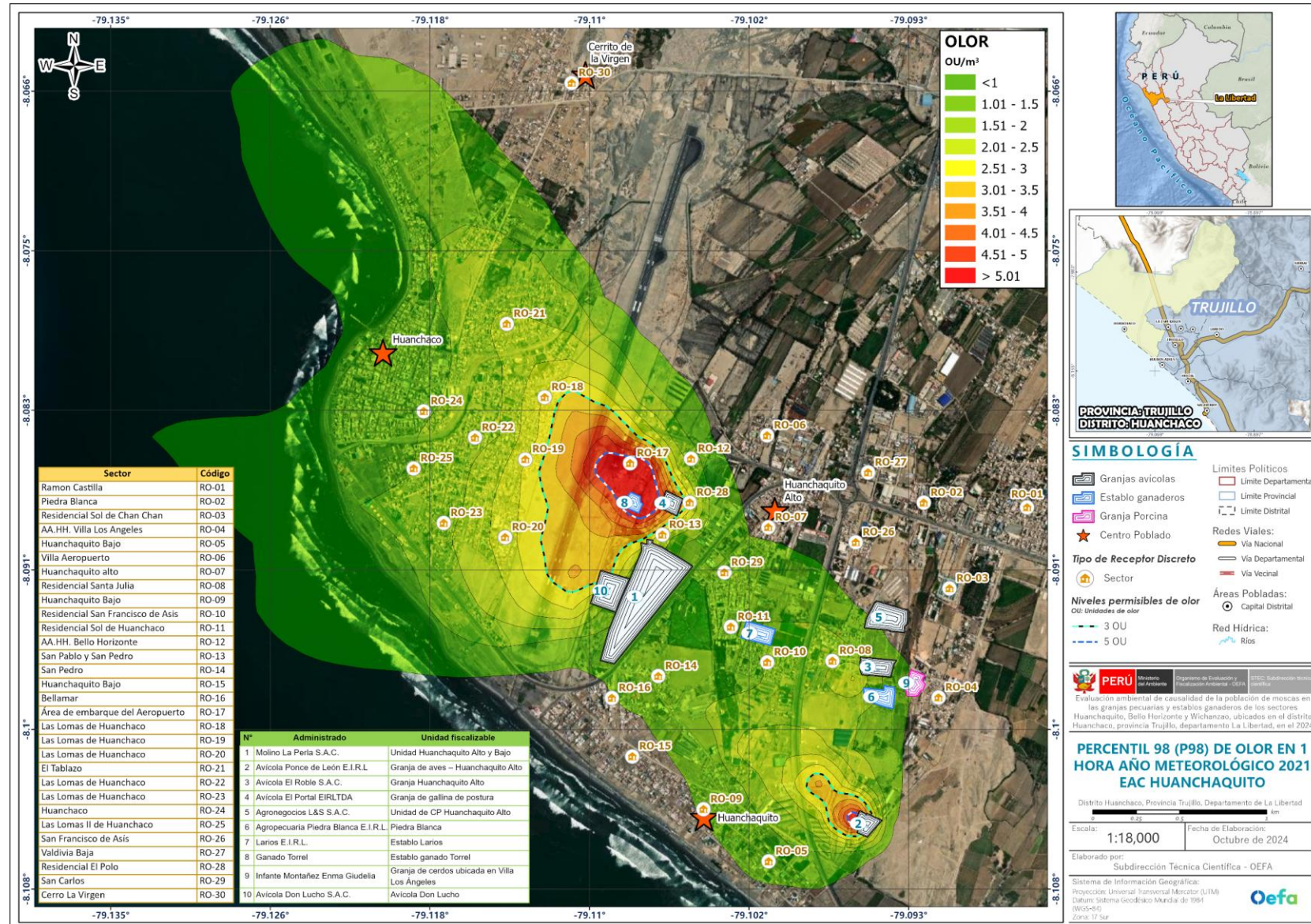


Figura 5.14. Distribución espacial del percentil 98 (P98) de las concentraciones de olor en 1 hora para el año meteorológico 2021

REPORTE DE MODELAMIENTO DE OLORES

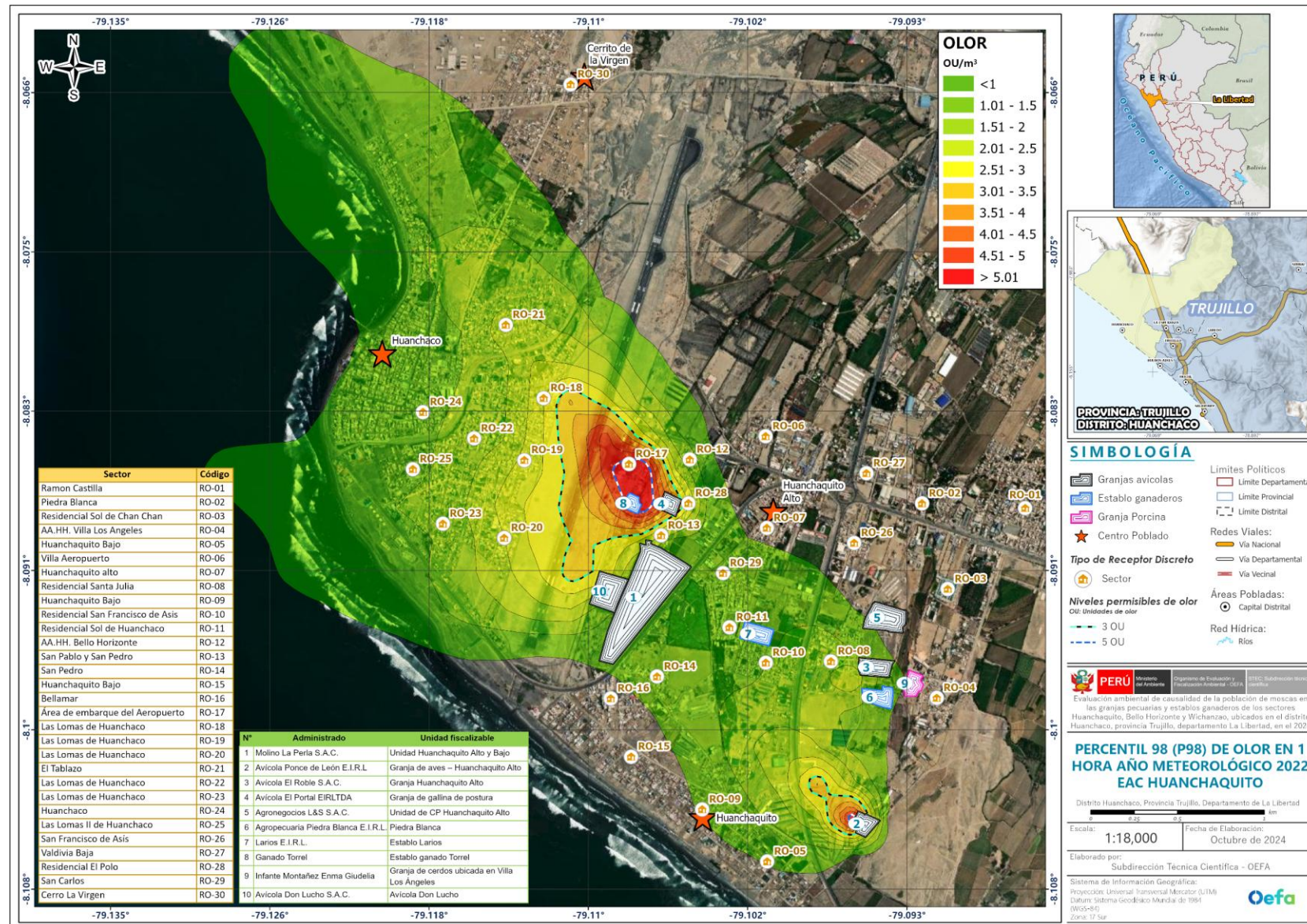


Figura 5.15. Distribución espacial del percentil 98 (P98) de las concentraciones de olor en 1 hora para el año meteorológico 2022

REPORTE DE MODELAMIENTO DE OLORES

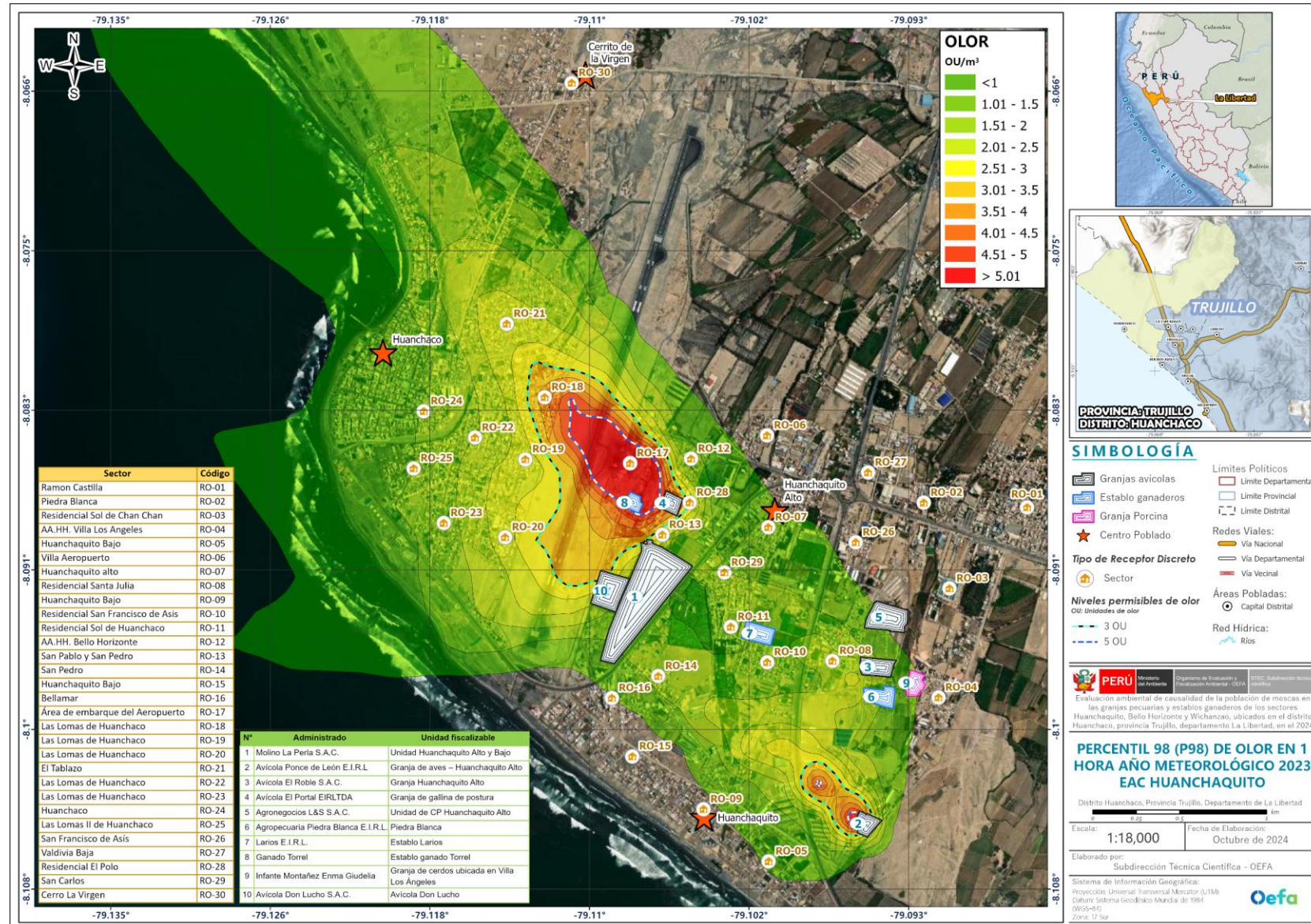


Figura 5.16. Distribución espacial del percentil 98 (P98) de las concentraciones de olor en 1 hora para el año meteorológico 2023

6. CONCLUSIONES

En el área de estudio, las actividades de crianza de aves, tanto para la producción de carne como de huevos, son responsables de la mayor parte de las emisiones de olores; seguidas por la crianza de ganado porcino y vacuno. Dentro de las granjas, las instalaciones destinadas a la crianza y producción de animales constituyen la fuente predominante de emisiones de olores; mientras que las emisiones de las áreas para el tratamiento de desechos orgánicos (excretas, aves muertas y aguas residuales porcinas), tienen una contribución menor en el total de las emisiones.

Del modelamiento de la dispersión espacial del olor, para el caso de los valores máximos de las concentraciones de olor, al comparar de manera referencial con los niveles de olores establecidos en las normativas de Gran Bretaña (3 OU/m³), Holanda (3 OU/m³), Colombia (5 OU/m³) y Cataluña (España: 5 OU/m³), se obtuvo que, para al menos un año del periodo de modelamiento (2018-2023) 22 de los 30 receptores discretos estarían siendo influenciados por los malos olores, en los sectores de: AA.HH. Villa Los Ángeles (RO-04), Huanchaquito Bajo (RO-05, RO-09 y RO-15), Huanchaquito alto (RO-07, Residencial Santa Julia (RO-08), Residencial San Francisco de Asís (RO-10), Residencial Sol de Huanchaco (RO-11), AA.HH. Bello Horizonte (RO-12), San Pablo y San Pedro (RO-13), San Pedro (RO-14), Bellamar (RO-16), Área de embarque del Aeropuerto Internacional Capitán FAP Carlos Martínez de Pinillos (RO-17), Las Lomas de Huanchaco (RO-18, RO-19, RO-20, RO-22, RO-23), El Tablazo (RO-21), San Francisco de Asís (RO-26), Residencial El Polo (RO-28) y San Carlos (RO-29). Y el valor máximo entre todos estos sectores, ocurre en el Área de embarque del Aeropuerto Internacional Capitán FAP Carlos Martínez de Pinillos (RO-17), con 14.54 OU/m³ (2019).

Y de los resultados de las concentraciones modeladas de olor para el percentil 98 (P98), y de acuerdo a los límites establecidos en las normativas, en el receptor sector de Las Lomas de Huanchaco (RO-18) se estaría superando los niveles de olores de las normativas de Gran Bretaña y Holanda (3 OU/m³) alcanzado un valor de 3.75 OU/m³ para el año 2023. Mientras que para el receptor sector Área de embarque del Aeropuerto Internacional Capitán FAP Carlos Martínez de Pinillos (RO-17), se estaría excediendo los niveles de olor de 5 OU/m³ para los 6 años de modelamiento (el valor máximo fue en el año 2023 con 7.03 OU/m³).

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Capelli, L., Sironi, S., Del Rosso, R., & Céntola, P. (2009). Predicting odour emissions from wastewater treatment plants by means of odour emission factors, *Water Research*, 43 (7), 1977-1985, <https://doi.org/10.1016/j.watres.2009.01.022>.

Capelli, L., Sironi, S., & Del Rosso, R. (2014). Odour Emission Factors: Fundamental Tools for Air Quality Management. *Chemical Engineering Transactions*, 40, 193-198. <https://doi.org/10.3303/CET1440033>

Conselleria de Medi Ambiente Aigua, Urbanisme i Habitatge (CMAAUH). (2008). Guía Técnica para la gestión de las emisiones odoríferas generados por las explotaciones ganaderas intensivas.

Giner Santonja, G., Georgitzikis, K., Roudier, S., Scalet, B., Montobbio, P., & Delgado Sancho, L. (2017). *Best Available Techniques (BAT) reference document for the intensive rearing of poultry or pigs: Industrial Emissions Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control)*, Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2760/020485>

Johnson, J. B. (2022). An Introduction to Atmospheric Pollutant Dispersion Modelling. 18. <https://doi.org/10.3390/ecas2022-12826>

Mielcarek, P. y Rzeznik, W. (2015). Emission Factors from Livestock Production, *Polish Journal of Environmental Studies*, 24 (1), 27-35. DOI: 10.15244/pjoes/29944.

NCAR (2022). Weather Research & Forecasting Model (WRF). Disponible online: <https://www.mmm.ucar.edu/models/wrf>

Pagans, E., Domínguez, R., & van Harreveld, A. P. (2012). Managing the impact of odour emissions from livestock activities. *Olores.org*. https://www.olores.org/index.php?option=com_content&view=article&id=194&lang=en

Scire, J.S., Strimaitis, D.G., Yamartino, R.J., (2000). A User's Guide for the CALPUFF Dispersion Model. Earth Tech Inc, Concord, MA.

Selena Sironi, Laura Capelli, Paolo Céntola, Renato Del Rosso, Massimiliano Il Grande. (2006). Odour emission factors for the prediction of odour emissions from plants for the mechanical and biological treatment of MSW, *Atmospheric Environment*, 40 (39), 7632-7643. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2006.06.052>.

Servicio de Evaluación Ambiental de Chile. (2017). Guía para la predicción y evaluación de impactos por olor en el SEIA. Chile.

Servicio de Evaluación Ambiental (SEIA). (2023). Guía para el Uso de Modelos de Calidad del Aire en el SEIA. 2ed. Chile.

SENAMHI. (2020). Climas de Perú: Mapa de Clasificación Climática Nacional, Resumen Ejecutivo. Disponible online: <https://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/761>

SENAMHI. (2021). Manual técnico para la elaboración de documentos técnicos sobre modelamiento de dispersión de contaminantes atmosféricos.

USEPA. (2003). Revisions to the Guideline on Air Quality Models: Adoption of a Preferred Long Range Transport Model and Other Revisions, Final Rule. 40 CFR Part 51. Federal Register, Vol. 68, 72, Tuesday April 15, 2003. <http://frwebgate3.access.gpo.gov/cgibin/PDFgate.cgi?WAISdocID=xoakAq/0/2/0yW>

USEPA. (2017). Guideline on Air Quality Models. Air Quality Dispersion Modeling, Appendix W(10), 54.

USEPA (2022). Air Quality Dispersion Modeling Alternative Models. Disponible online:
<https://www.epa.gov/scram/air-quality-dispersion-modeling-alternative-models>

WRF (2021). WRF Users Page: Modeling System Overview. Disponible Online:
https://www2.mmm.ucar.edu/wrf/users/model_overview.html

ANEXOS

ANEXO 1

En las tablas de 1 al 3 se presentan las tasas de emisión de olores en OU_E/s (los cuales fueron estimados a partir de factores de emisión de olor) y los flujos de emisión de olores en OU_E/s.m² generados por las fuentes de emisión identificadas en cada una de las 10 unidades fiscalizables del área de estudio. Un mayor detalle de la metodología de estimación de estas tasas de emisión se encuentra en el reporte RR-056-2024-STECS.

Tabla 1. Tasas y flujos de emisión de olores de los administrados Avícola Molino La Perla, Avícola Agronegocios, Avícola El Portal y Avícola El Roble

[illegible]

 Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental	REPORTE DE MODELAMIENTO DE OLORES
--	--

		Terneras/recría s													
	Ovino														
	Caprino														
Tratamiento de excretas y aves muertas	Secado			147,100.4 3	21,340.0 0	6.89	3,320.73	1,700.0 0	1.95	591.90	1,121.8 9	0.53	1,085.15	1,418.1 7	0.77
	Compostaje			722.11	81.00	8.91	213.96	63.70	3.36						
Tratamiento de agua residuales porcinas	Pozo Sedimentado r														
Total				729,497.1 9			150,456.3 8			25,431.9 0			46,625.1 5		

OER: Tasa de emisión de olores, OEF: Flujo de emisión de olores

Tabla 2. Tasas y flujos de emisión de olores de los administrados Avícola Ponce de León, Avícola Don Lucho, Granja Porcina Enma Infante y Establo Larios

Fuente de olores (Proceso)				Avícola Ponce de León			Avícola Don Lucho			Granja Porcina Enma Infante			Establo Larios		
				OER* (OUE/s)	Área (m²)	OEF (OUE/s.m²)	OER (OUE/s)	Área (m²)	OEF (OUE/s.m²)	OER (OUE/s)	Área (m2)	OEF (OUE/s.m²)	OER (OUE/s)	Área (m²)	OEF (OUE/s.m²)
Crianza/producción de Aves	Pollos de engorde		Campaña 1 #160												
			Campaña 2 #161												
			Campaña 3 #162												
			Campaña 4 #163												
			Campaña 5 #164												
			Campaña 6 #165												
			Campaña 7 #166												
	Gallinas de postura	Levante		5,918.00	1,105.0 0	5.36									
		Postura		58,029.0 0	5,160.0 0	11.25	690.00	700.00	0.99						
	Pavos de engorde						5,580.00	2,400.0 0	2.33						
	Porcino	Verracos					23.00	849.33	12.30	138.00	142.81	0.97			

Crianza/producción de Ganado		Cerdas reproductoras					118.80			990.00	1,260.78	0.79			
		Cerdas madres					0.00			4,575.60	816.99	5.60			
		Lechones					10,304.00			47,725.00	3,023.00	15.79			
	Vacuno	Reproductoras					949.00	400.00	2.37				11,534.00	7,151.96	1.61
		Terneras/recría s					525.00	100.00	5.25				2,800.00	711.27	3.94
	Ovino												265.20	98.04	2.70
	Caprino												263.20	47.51	5.54
	Tratamiento de excretas y aves muertas	Secado			1,382.74	1,198.66	1.15	2,332.47	3,016.88	0.77					
Compostaje				33.50	30.00	1.12									
Tratamiento de agua residuales porcinas	Pozo Sedimentador									14.93	51.00	0.29			
Total				65,363.24			20,522.27			53,443.53			14,862.40		

OER: Tasa de emisión de olores, OEF: Flujo de emisión de olores

Tabla 3. Tasas y flujos de emisión de olores de los administrados Agropecuaria Piedra Blanca y Establo Torrel

[illegible]

REPORTE DE MODELAMIENTO DE OLORES

	Gallinas de postura	Postura								
	Pavos de engorde									7,982.33
Crianza/producción de Ganado	Porcino	Verracos								70,002.75
		Cerdas reproductoras								
		Cerdas madres								
		Lechones								
	Vacuno	Reproductoras		9,344.00	4,186.87	2.23	2,701.00	5,028.52	0.54	50,711.35
		Termeras/recrías		6,580.00	3,711.07	1.77				
	Ovino									365.95
	Caprino									316.25
Tratamiento de excretas y aves muertas	Secado									186,778.73
	Compostaje									
Tratamiento de agua residuales porcinas	Pozo Sedimentador									66.22
Total				15,924.00			2,701.00			1,228,983.81

OER: Tasa de emisión de olores, OEF: Flujo de emisión de olores