

Presentación de resultados parciales del Estudio ALTIUS- SN

23 enero 2025

Prof. Pedro J Romero Palacios
Prof. Bernardino Alcázar Navarrete
Prof. Juan Antonio Holgado Terriza



El equipo de trabajo



Dr. Pedro Romero Palacios
Departamento de Medicina
Universidad de Granada



Dr. Juan Antonio Holgado Terriza
Dpto. de Lenguajes y Sistemas Informá
Universidad de Granada



Dr. Bernardino Alcazar Navarrete
Departamento de Medicina
Universidad de Granada



Dr. Antonio Luis Arrebola Moreno
Departamento de Medicina
Universidad de Granada



Sandra Velasco Saavedra
Departamento de Medicina



Huy Anh Le
Dpto. Lenguajes y Sistemas Informáticos
Universidad de Granada



María Wenceslúa Puya Pérez
Departamento de Medicina



Silvia Clares Menas
Departamento de Medicina



Miguel Angel Enamorado Varela
Departamento de Medicina

Objetivo Principal

Estudiar las repercusiones en la salud en una cohorte de trabajadores que desarrollan su actividad laboral en altura, en función del tiempo trabajado, las condiciones ambientales, el tipo de actividad y las características individuales

Objetivos Secundarios



- Establecer un **protocolo de estudio** y seguimiento de los trabajadores en altura.
- Determinar si se puede establecer una **previsión de riesgo** en función del tiempo trabajado en altura, de las condiciones ambientales, personales y del tipo de actividad que se desarrolla.
- Determinar si se puede establecer un “**punto de corte**” para el **riesgo de enfermedad** a partir de los datos de tiempo trabajado en altura, condiciones ambientales, personales y tipo de actividad que se desarrolla.
- Elaborar una herramienta –**dosímetro**– que pueda emplearse para valorar el **perfil de riesgo** de los trabajadores en altura, en función de las condiciones ambientales, personales y tipo de actividad que se desarrolla.
- Elaborar una herramienta –**dosímetro**– capaz de **detectar precozmente las posibles repercusiones negativas** en la salud de los trabajadores en altura, en función de los cambios adaptativos que se producen en estas circunstancias
- Desarrollar **estrategias de prevención precoz** de las repercusiones en la salud de los trabajadores en altura, en función de las condiciones ambientales, personales y tipo de actividad que se desarrolla.

Diseño

Estudio observacional, prospectivo, de **casos controles**, en el que se valorarán trabajadores adultos que estén desarrollando o hayan desarrollado su actividad laboral en altura >2000 m durante un tiempo de al menos 12 meses

Como **grupo control** se estudiará una muestra de trabajadores de similares características que estén desarrollando o hayan desarrollado su actividad laboral en una altura <2000 m durante un tiempo de al menos 12 meses

Reclutamiento y estratificación



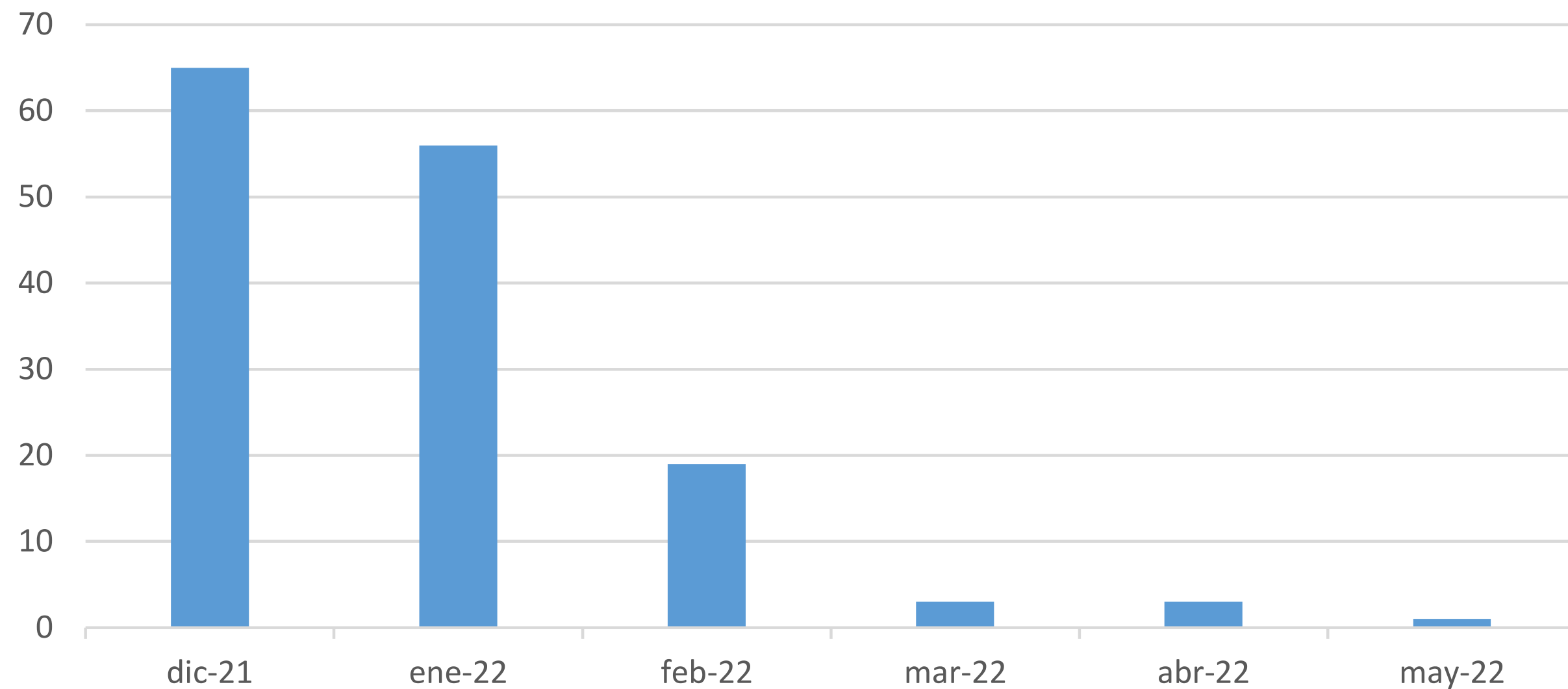
Selección de la muestra

Selección de muestra para el estudio ALTIUS-SN			
	Tiempo/meses	MET durante su actividad laboral	Número de sujetos
Trabajadores que han desarrollado su actividad laboral en altura > 2000 m durante un tiempo mínimo acumulado de 12 meses	12 a 36	<3	10
		3 a 6	10
		>6	10
	37 a 60	<3	10
		3 a 6	10
		>6	10
	>60	<3	10
		3 a 6	10
		>6	10
			90
Trabajadores que han desarrollado su actividad laboral en altura < 2000 m durante un tiempo mínimo acumulado > 12 meses	>12 a >60	<3	10
		3 a 6	10
		>6	10
			30

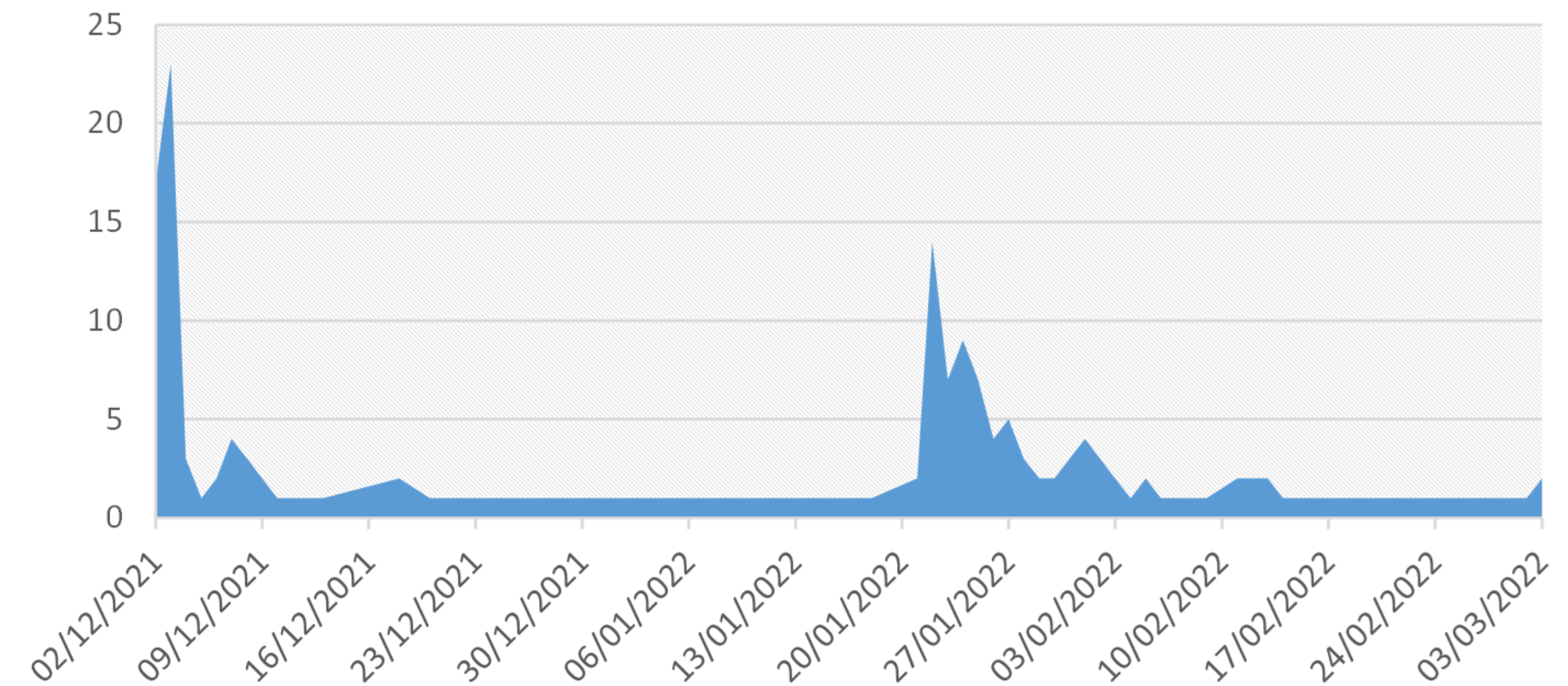
Reclutamiento

- De diciembre de 2021 y a mayo de 2022
 - Inicialmente 147 voluntarios
 - Abandonan: 18 hasta junio de 2022 y 7 hasta junio de 2023 (en total 25)
 - Total: 122 voluntarios

Evolución de inscripciones



Evolución de la inscripciones



Estratificación

- 122 voluntarios
- Criterios: sexo, altitud, años de actividad e intensidad del trabajo

		Hombre			Mujer			
		Menos de 10 años	Entre 10 y 20 años	Más de 20 años	Menos de 10 años	Entre 10 y 20 años	Más de 20 años	Total
2000m	Leve	1	2	11	1	3	10	28
	Moderado	3	5	7	5	1	8	29
	Vigoroso	0	1	2	2	0	0	5
2500m	Leve	0	0	0	0	0	0	0
	Moderado	5	8	17	2	5	2	39
	Vigoroso	4	5	9	0	1	2	21
	Total	13	21	46	10	10	22	122

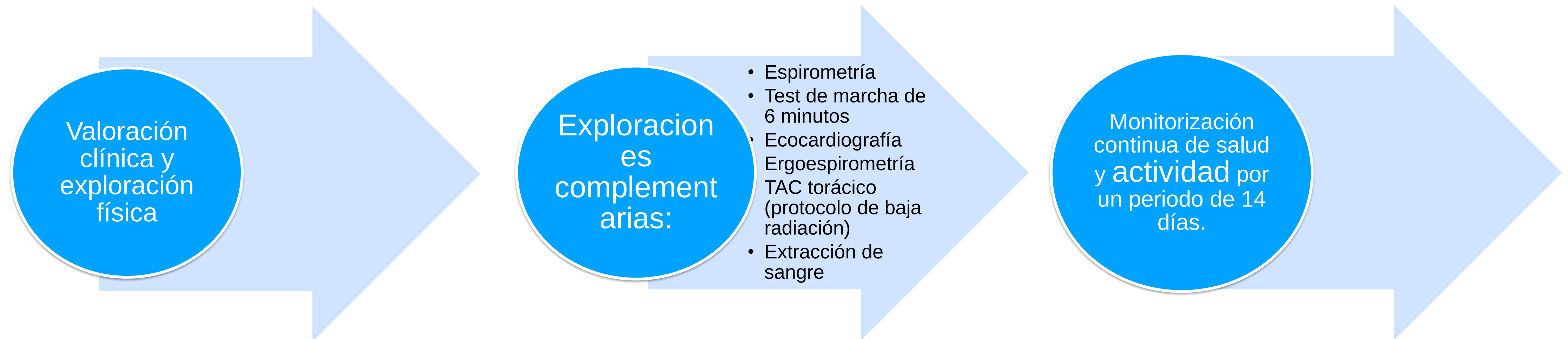
Estratificación (2)

- Años de actividad
- Sexo
- Altitud: 2000 y 2500
- Intensidad: 0-3, 3-6, >6 METs



Fases del estudio Altius-SN

Primera Fase



Segunda Fase

Exploraciones complementarias:

- Entrevista clínica
- Completar las pruebas complementarias
- Pletismografía
- Medición basal de saturación de oxígeno, frecuencia cardíaca y estrés

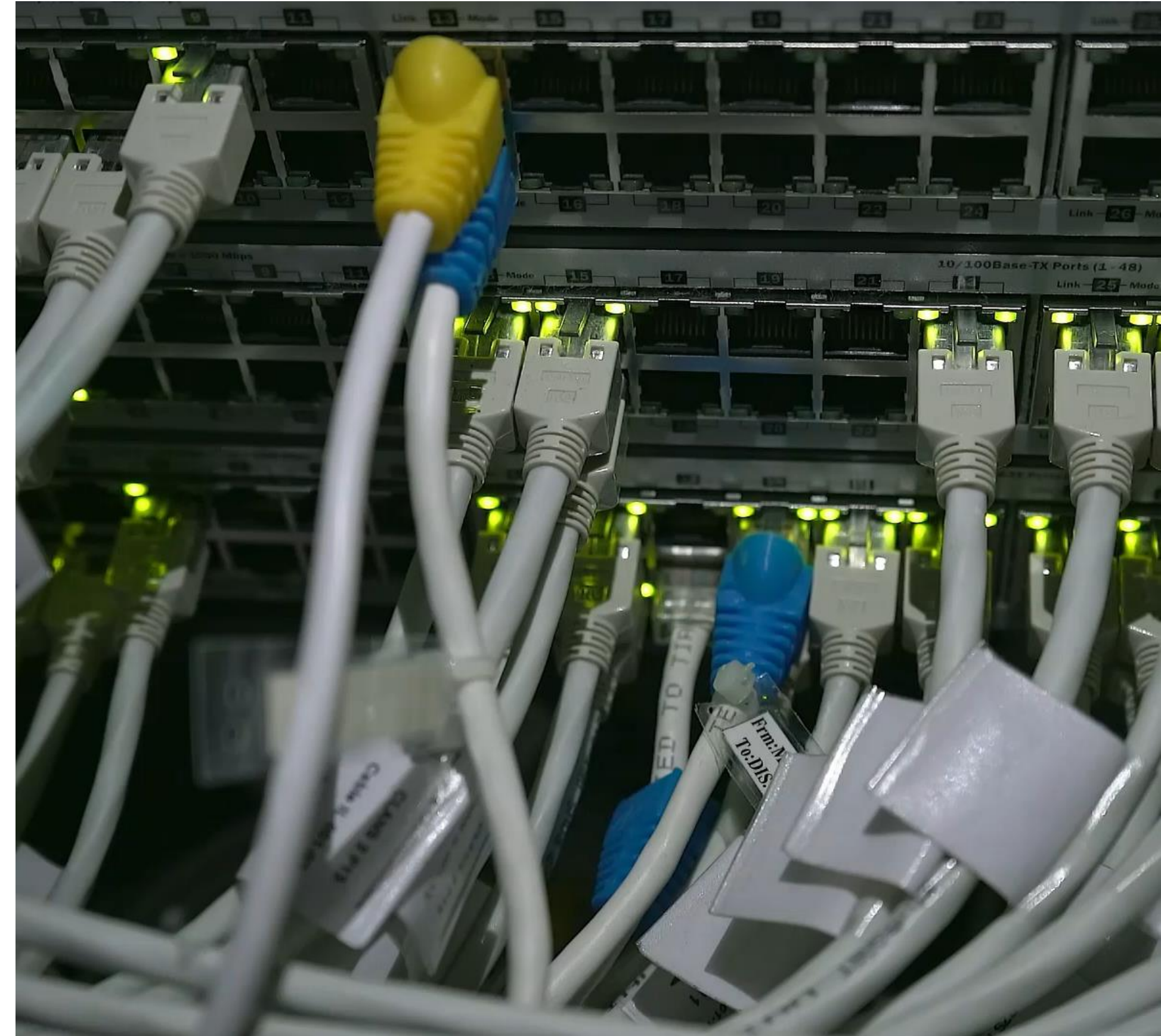
Cuestionarios de *Lake Louis* y Mal de Altura –telefónica–

Monitorización continua de salud y actividad por un periodo mínimo de 30 días y en algunos casos de 6 meses.



Monitorización continua

- Con wearables Garmin



Monitorización continua



Se emplean 64 relojes adaptados, asociados a una cuenta de usuario

- Primera fase: al menos 14 días
- Segunda fase: al menos 1 mes, hasta 6 meses
 - Los voluntarios tienen que volcar datos en la estación a través de wifi.
 - Mediciones continuas durante 3 o 4 días
- Los accesos se realizan de forma segura a través de la nube del fabricante –Garmin–.
- *En ningún caso hay información personal del voluntario volcada a la nube de fabricante.*
- Una aplicación web desarrollada en el proyecto Altius se encarga de recoger automáticamente los datos y asociar el usuario que tiene el dispositivo en cada momento.

Monitorización continua: Pruebas

- 131 pruebas en primera fase
- 78 pruebas en segunda fase

Fase 1

Parámetros	Muestras	Muestras/dia	Dias
Frecuencia Cardiaca	14691602	5248	2706
SpO2	1684333	662	2583
Stress	1482439	483	2977
Sueño			1631

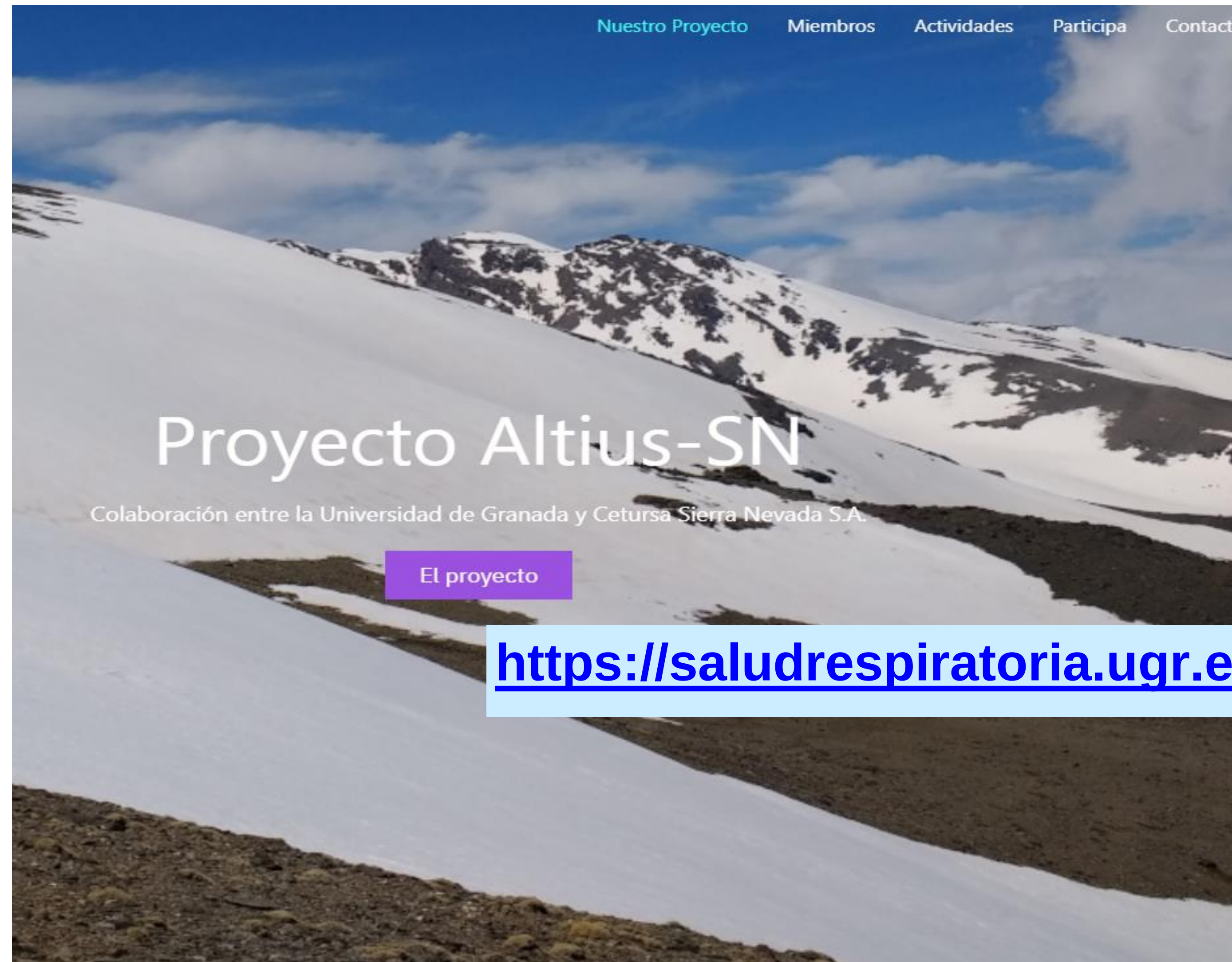
Fase 2

Parámetros	Muestras	Muestras/dia	Dias
Frecuencia Cardiaca	29809108	4647	6145
SpO2	3996866	666	5858
Stress	3098882	440	6909
Sueño			3497

Ambas fases

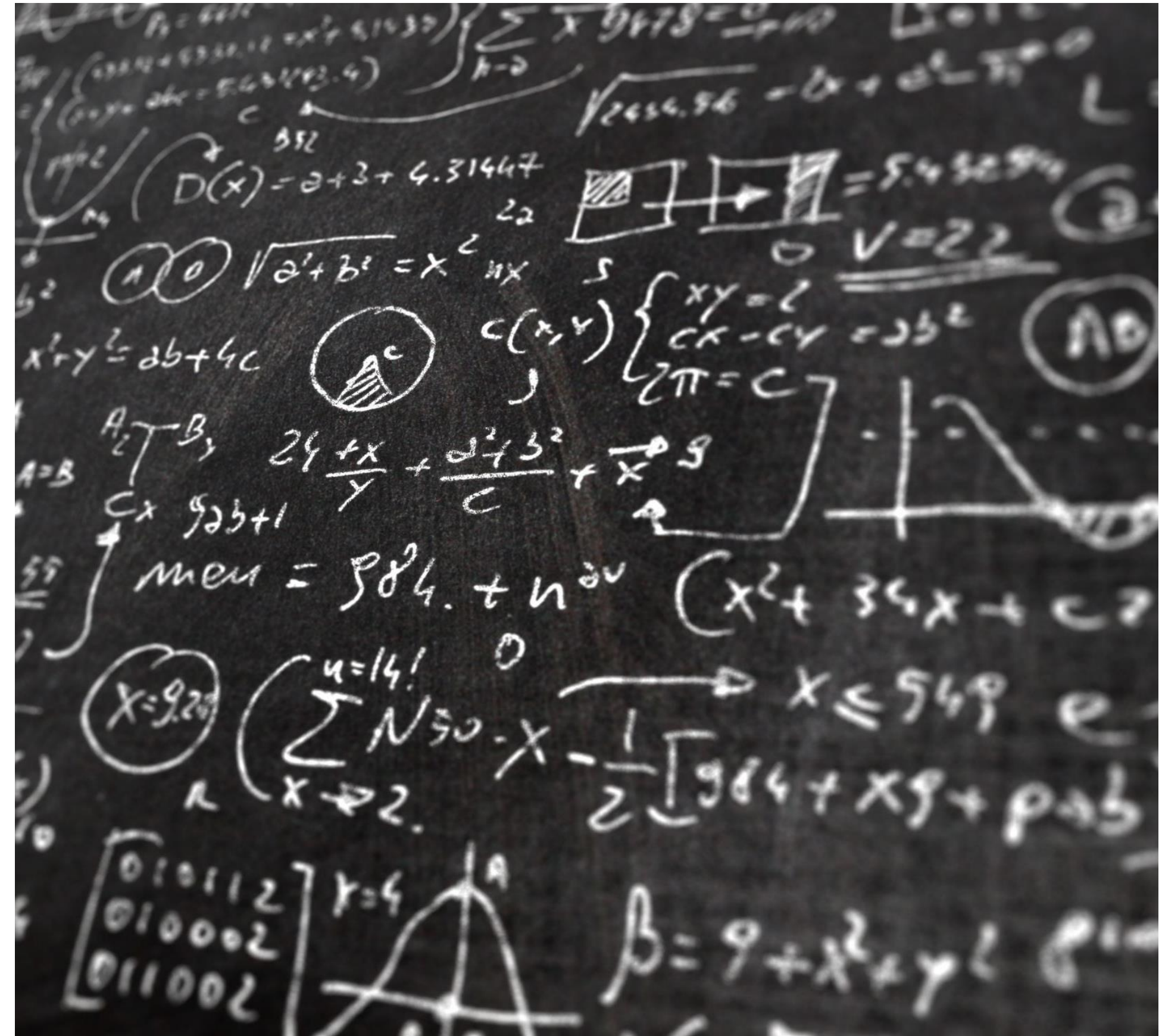
Parámetros	Muestras	Muestras/dia	Dias
Frecuencia Cardiaca	46104545	5041	9164
SpO2	5858054	638	8701
Stress	4787909	469	10354
Sueño			5224

Web de gestión del proyecto ALTIUS-SN



Resultados parciales

- Estudio ALTIUS-SN



Objetivo Principal

Estudiar las repercusiones en la salud en una cohorte de trabajadores que desarrollan su actividad laboral en altura, en función del tiempo trabajado, las condiciones ambientales, el tipo de actividad y las características individuales

Estudio ALTIUS-SN

Definiciones operativas

- **VO2max:** capacidad máxima de consumo de oxígeno. Es uno de los mejores indicadores del estado de salud general y de la capacidad cardiorrespiratoria. Refleja la eficiencia con la que el cuerpo puede utilizar oxígeno durante el ejercicio aeróbico máximo.
 - Es un fuerte predictor de la longevidad (Kodama et al, JAMA 2009¹).
 - Su disminución está asociada con un mayor riesgo de enfermedad cardíaca (Laukkanen et al, Eur Heart J 2004²).
 - Predice la aparición de otras enfermedades crónicas (Church et al, Diabetes Care 2004³; Blair et al, Med Sci Sports Exerc 2001⁴)

1) Kodama S, Saito K, Tanaka S, et al. Cardiorespiratory fitness as a quantitative predictor of all-cause mortality and cardiovascular events in healthy men and women: a meta-analysis. JAMA. 2009;301(19):2024-2035. doi:10.1001/jama.2009.681;

2) Laukkanen JA, Kurl S, Salonen R, Rauramaa R, Salonen JT. The predictive value of cardiorespiratory fitness for cardiovascular events in men with various risk profiles: a prospective population-based cohort study. Eur Heart J. 2004;25(16):1428-1437. doi:10.1016/j.ehj.2004.06.013;

3) Church TS, LaMonte MJ, Barlow CE, Blair SN. Cardiorespiratory fitness and body mass index as predictors of cardiovascular disease mortality among men with diabetes. Arch Intern Med. 2005;165(18):2114-2120. doi:10.1001/archinte.165.18.2114;

4) Blair SN, Cheng Y, Holder JS. Is physical activity or physical fitness more important in defining health benefits?. Med Sci Sports Exerc. 2001;33(6 Suppl):S379-S420. doi:10.1097/00005768-200106001-00007

Estudio ALTIUS-SN

Definiciones operativas

- **VO2@AT**: consumo de oxígeno en el **umbral anaerobio**. El umbral anaeróbico representa el punto durante el ejercicio donde el cuerpo comienza a depender más de los sistemas anaeróbicos de energía. El VO2 en el umbral anaeróbico evalúa la capacidad del cuerpo para mantener un ejercicio submáximo sostenido sin fatiga rápida.
 - Es un mejor **predictor del rendimiento** en la vida diaria que el VO2max (Mapelli et al, Eur J Prev Cardiol ¹).
 - Mejor predictor en deportes de **resistencia** (Faude et al, Sports Med 2009²).
 - Indicador precoz de **disfunción cardiorrespiratoria** (Beaver et al, J Appl Physiol 1985³)
 - Relacionado con un mayor **riesgo de eventos cardiovasculares y mortalidad** (Arena et al, Am Heart J 2004⁴)

1) Mapelli M, Salvioni E, Mattavelli I, et al. Activities of daily living in heart failure patients and healthy subjects: when the cardiopulmonary assessment goes beyond traditional exercise test protocols. Eur J Prev Cardiol. 2023;30(Suppl 2):ii47-ii53. doi:10.1093/eurjpc/zwad155;

2) Faude O, Kindermann W, Meyer T. Lactate threshold concepts: how valid are they?. Sports Med. 2009;39(6):469-490. doi:10.2165/00007256-200939060-00003;

3) Beaver WL, Wasserman K, Whipp BJ. A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange. J Appl Physiol (1985). 1986;60(6):2020-2027. doi:10.1152/jappl.1986.60.6.2020;

4) Blair SN, Cheng Y, Holder JS. Is physical activity or physical fitness more important in defining health benefits?. Med Sci Sports Exerc. 2001;33(6 Suppl):S379-S420. doi:10.1097/00005768-200106001-00007

Estudio ALTIUS-SN: Descripción general de la muestra

Características	N = 110
Edad	53 (47, 58)
Sexo	
Hombre	77 (70%)
Mujer	33 (30%)
Altura	
2000m	56 (51%)
2500m	54 (49%)
Antigüedad (años)	22 (16, 28)
Activo CETURSA	
no	6 (5.5%)
si	104 (95%)
Peso (Kg)	76 (67, 86)
Estatura (cm)	172 (166, 178)
BMI (Kg/m²)	25.3 (23.1, 28.4)
Enfermedad cardiovascular previa	
No	91 (83%)
Si	19 (17%)
VO2max normal	
No	34 (31%)
Si	76 (69%)

Estudio ALTIUS-SN

Características de las actividades laborales y su intensidad de trabajo

Baja intensidad (≤ 3 METs)	Intensidad moderada (3-6 METs)	Alta Intensidad (≥6 METs)
Administración	Hostelería y Restauración	Actividades en montaña
	Alquiler y tienda en montaña	Nieve producida en montaña
	Aparcamiento/ controlador/ limpieza y reciclaje en montaña	Pistero en montaña
	Mantenimiento general/ Medio ambiente	
	Taller/ Mantenimiento/ Operario de remotes en montaña	

Fuente: CETURSA

Estudio ALTIUS-SN

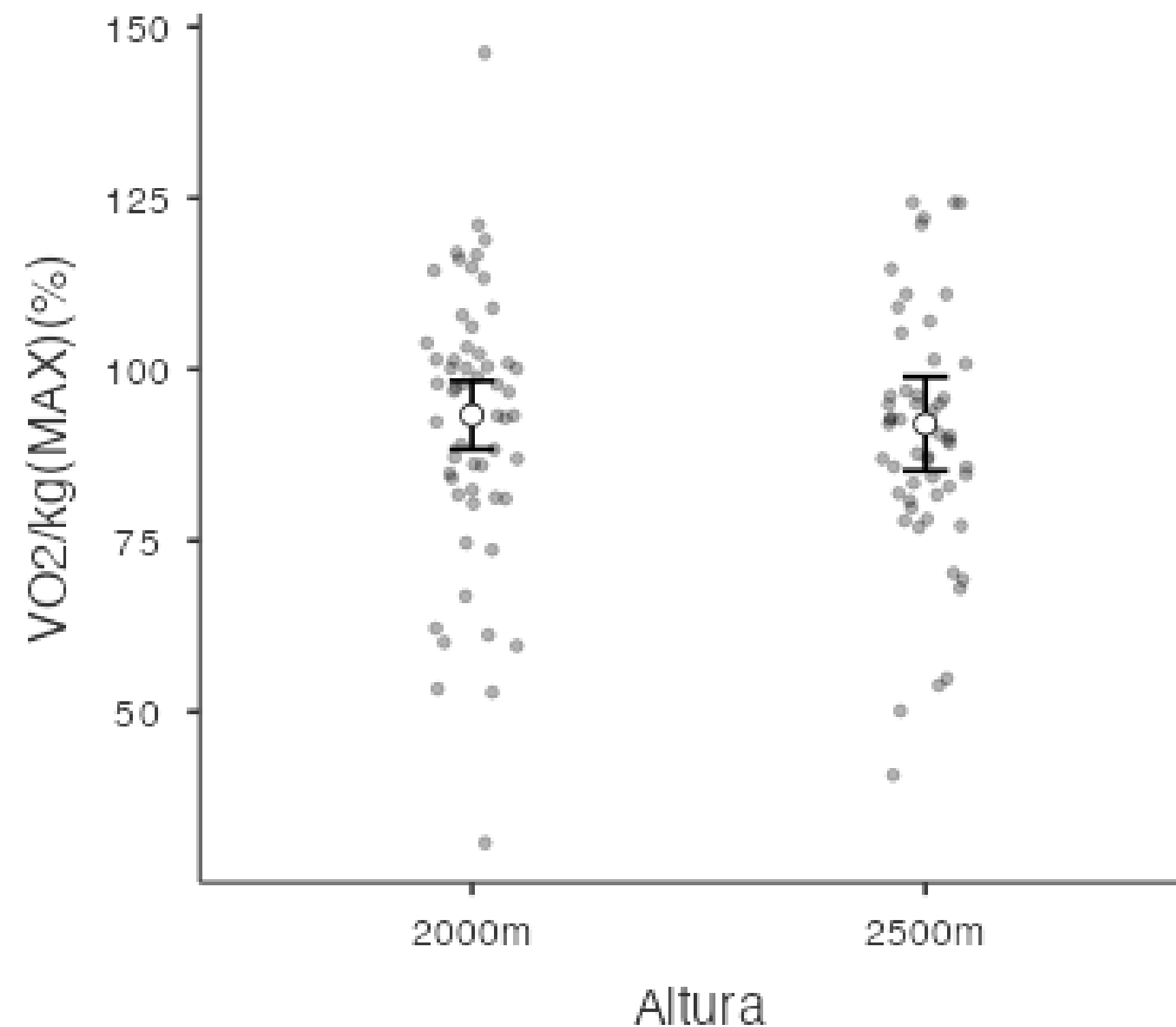
Descripción general de la muestra

Características	N = 110
Intensidad del Trabajo	
Baja intensidad	28 (25%)
Intensidad moderada	58 (53%)
Alta intensidad	24 (22%)

Características	en
Actividades en Montaña	11 (10%)
Alquiler y Tienda en Montaña	7 (6.4%)
Aparcamientos en Montaña	3 (2.7%)
Controladores en Montaña	1 (0.9%)
Limpieza y Reciclaje en Montaña	3 (2.7%)
Mantenimiento General en Montaña	10 (9.1%)
Mantenimiento de Remontes en Montaña	10 (9.1%)
Medio Ambiente en Montaña	2 (1.8%)
Nieve Producida en Montaña	5 (4.5%)
Operario de Remontes en Montaña	14 (13%)
Pistero en Montaña	8 (7.3%)
Taller Remontes en Montaña	1 (0.9%)
Trabajo en Administración	28 (25%)
Trabajo en Hosteleria y Restauración	7 (6.4%)

Estudio ALTIUS-SN

Objetivo principal- Consumo de O₂ máximo predicho dependiendo de la altitud a la que se desarrolla el trabajo



Conclusión

- No se aprecian diferencias significativas en el estado de salud dependiendo de la altitud a la que se desarrolla el trabajo habitual

Estudio ALTIUS-SN

Objetivo principal- Comparar la proporción de participantes con VO2max normal ($\geq 85\%$ de su teórico) en función de la **altitud** a la que desarrollan su trabajo

Conclusión

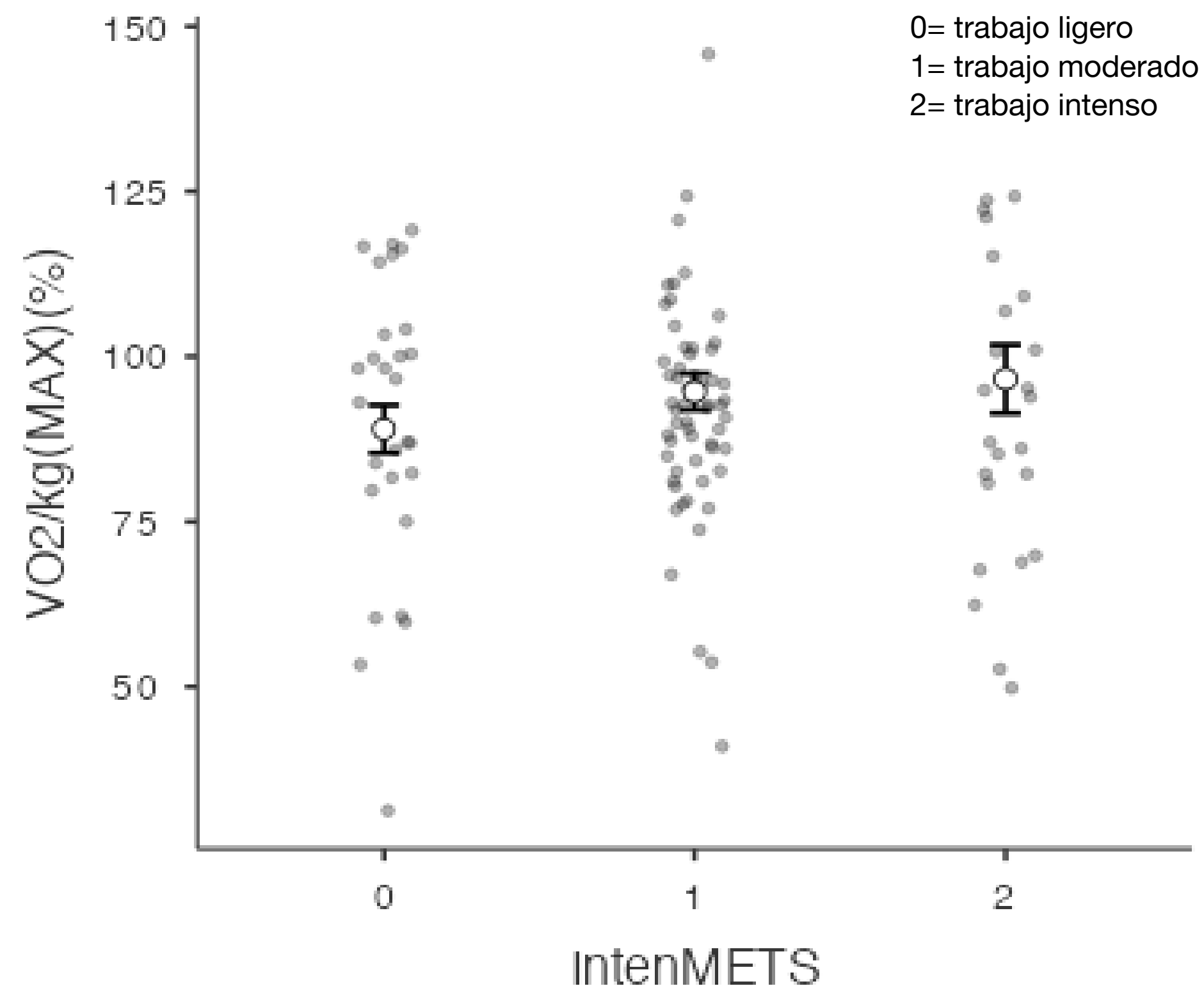
- No se aprecian diferencias significativas en porcentaje de trabajadores con bajo VO2max dependiendo de la **altitud** del trabajo

VO2max $\geq 85\%$ teórico				
Altura		No	Si	Total
2000m	Número	16	40	56
	% dentro de la fila	28.6 %	71.4 %	100.0 %
2500m	Número	18	36	54
	% dentro de la fila	33.3 %	66.7 %	100.0 %
Total	Número	34	76	110
	% dentro de la fila	30.9 %	69.1 %	100.0 %

VO2: consumo de oxígeno (medido como mL/min/kg); VO2@AT: consumo de oxígeno en el umbral anaeróbico; METs: equivalentes metabólicos. ; IntenMETs: intensidad del trabajo habitual en METs

Estudio ALTIUS-SN

Objetivo principal- $VO_{2max}\%$ predicho dependiendo de intensidad del trabajo



Conclusión

- No se aprecian diferencias significativas en el estado de salud dependiendo de la intensidad del trabajo

Análisis ajustado por edad, sexo, BMI

VO₂: consumo de oxígeno (medido como mL/min/kg); *METS*: equivalentes metabólicos. ;
IntenMETS: intensidad del trabajo habitual en METS

Estudio ALTIUS-SN

Objetivo principal- Comparar la proporción de participantes con VO2max normal ($\geq 85\%$ de su teórico) en función de la **intensidad** de su trabajo.

Conclusión

- No se aprecian diferencias significativas en porcentaje de trabajadores con **bajo VO2max** dependiendo de la intensidad de su trabajo

		VO2max $\geq 85\%$ teórico		
Intensidad del trabajo		No	Si	Total
Baja intensidad	Número	10	18	28
	% dentro del grupo	35.7 %	64.3 %	100.0 %
Intensidad moderada	Número	15	43	58
	% dentro del grupo	25.9 %	74.1 %	100.0 %
Alta intensidad	Número	9	15	24
	% dentro del grupo	37.5 %	62.5 %	100.0 %
Total	Número	34	76	110
	% dentro del grupo	30.9 %	69.1 %	100.0 %

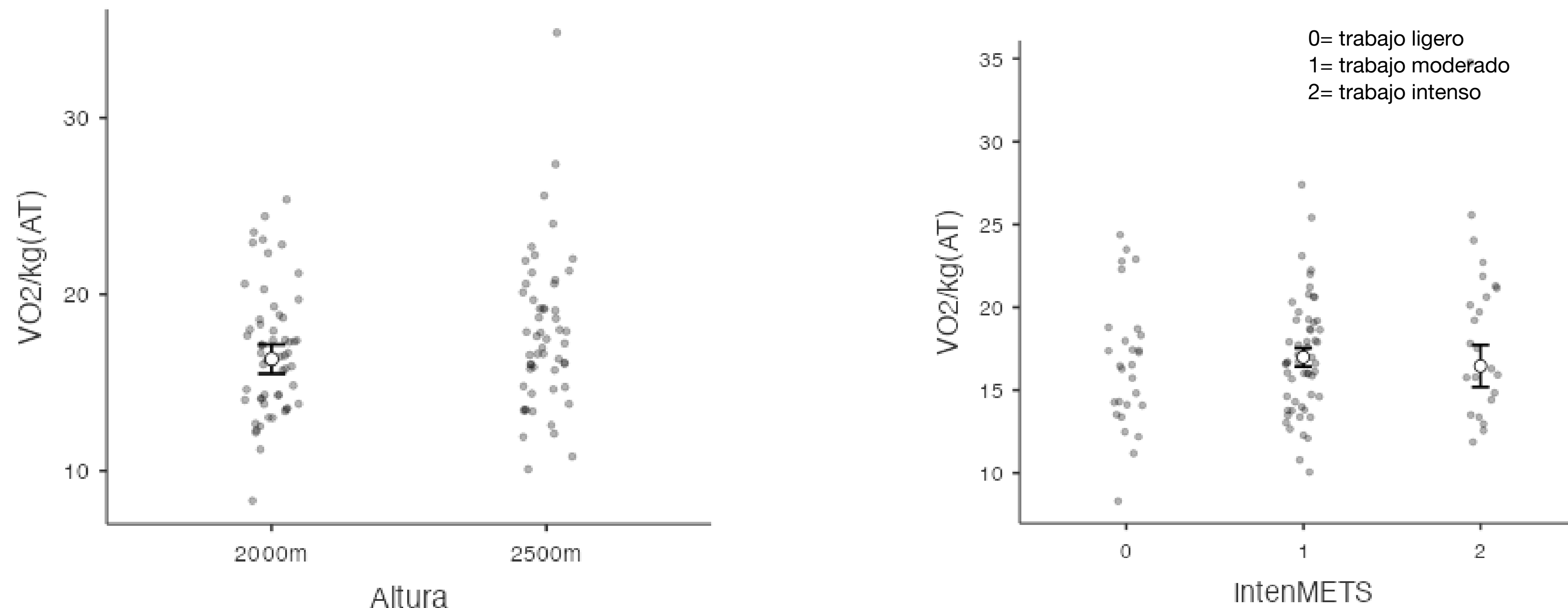
VO2: consumo de oxígeno (medido como mL/min/kg); VO2@AT: consumo de oxígeno en el umbral anaeróbico; METs: equivalentes metabólicos. ; IntenMETs: intensidad del trabajo habitual en METs

Estudio ALTIUS-SN

Objetivo principal- $\text{VO}_2\text{@AT}$ ($\text{mL}/\text{min}/\text{Kg}$) dependiendo de altura e intensidad del trabajo habitual

Conclusión

- No se aprecian diferencias significativas en el consumo de oxígeno en el umbral anaerobio - $\text{VO}_2\text{@AT}$ - dependiendo de la **intensidad** del trabajo



Análisis ajustado por edad, sexo, **BMD2**: consumo de oxígeno (medido como $\text{mL}/\text{min}/\text{kg}$); **$\text{VO}_2\text{@AT}$** : consumo de oxígeno en el umbral anaeróbico; **METS**: equivalentes metabólicos. ; **IntenMETS**: intensidad del trabajo habitual en METs

Estudio ALTIUS-SN

Objetivo principal- Comparar la proporción de participantes con antecedentes de **enfermedad cardiovascular dependiendo de la altura**

Conclusión

- No se aprecian diferencias significativas en porcentaje de trabajadores **con enfermedad cardiovascular** previa dependiendo de la altitud de su trabajo

		Enfermedad cardiovascular previa		
Altura		NO	SI	Total
2000m	Número	52	11	63
	% dentro del grupo	82.5 %	17.5 %	100.0 %
2500m	Número	51	10	61
	% dentro del grupo	83.6 %	16.4 %	100.0 %
Total	Número	103	21	124
	% dentro del grupo	83.1 %	16.9 %	100.0 %

VO2: consumo de oxígeno (medido como mL/min/kg); VO2@AT: consumo de oxígeno en el umbral anaeróbico; METs: equivalentes metabólicos. ; IntenMETs: intensidad del trabajo habitual en METS

Estudio ALTIUS-SN

Objetivo principal- Comparar la proporción de participantes con antecedentes de **enfermedad cardiovascular dependiendo de la intensidad del trabajo**

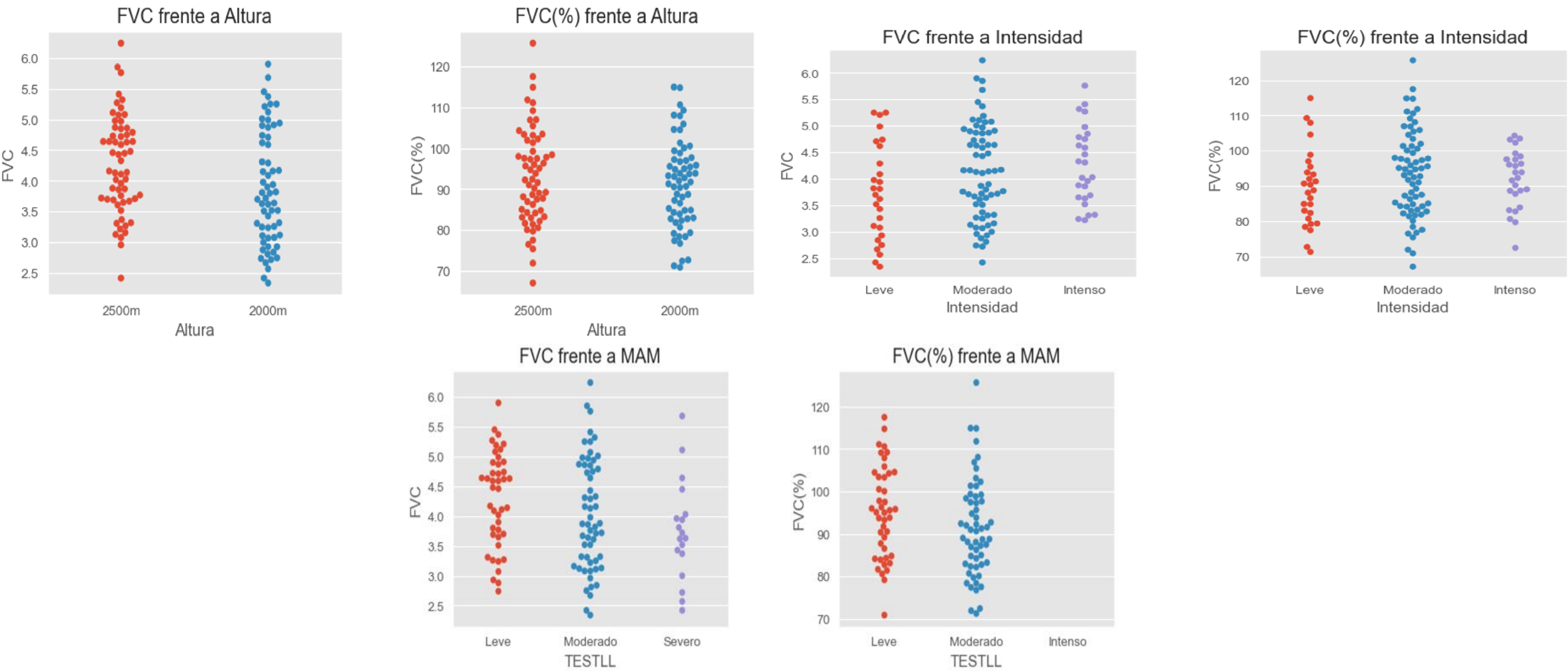
Conclusión

- No se aprecian diferencias significativas en porcentaje de trabajadores con enfermedad cardiovascular previa dependiendo de la intensidad de su trabajo

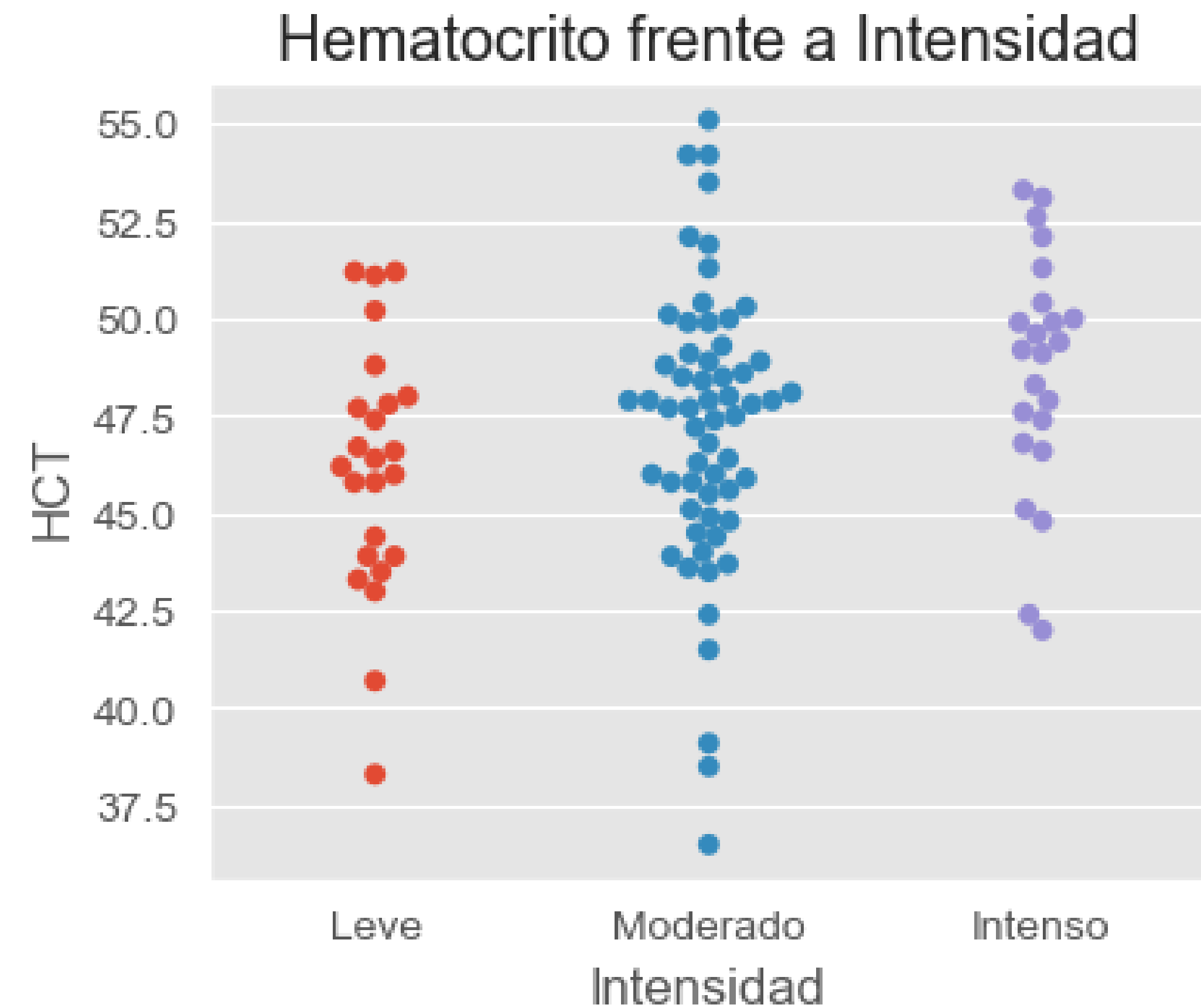
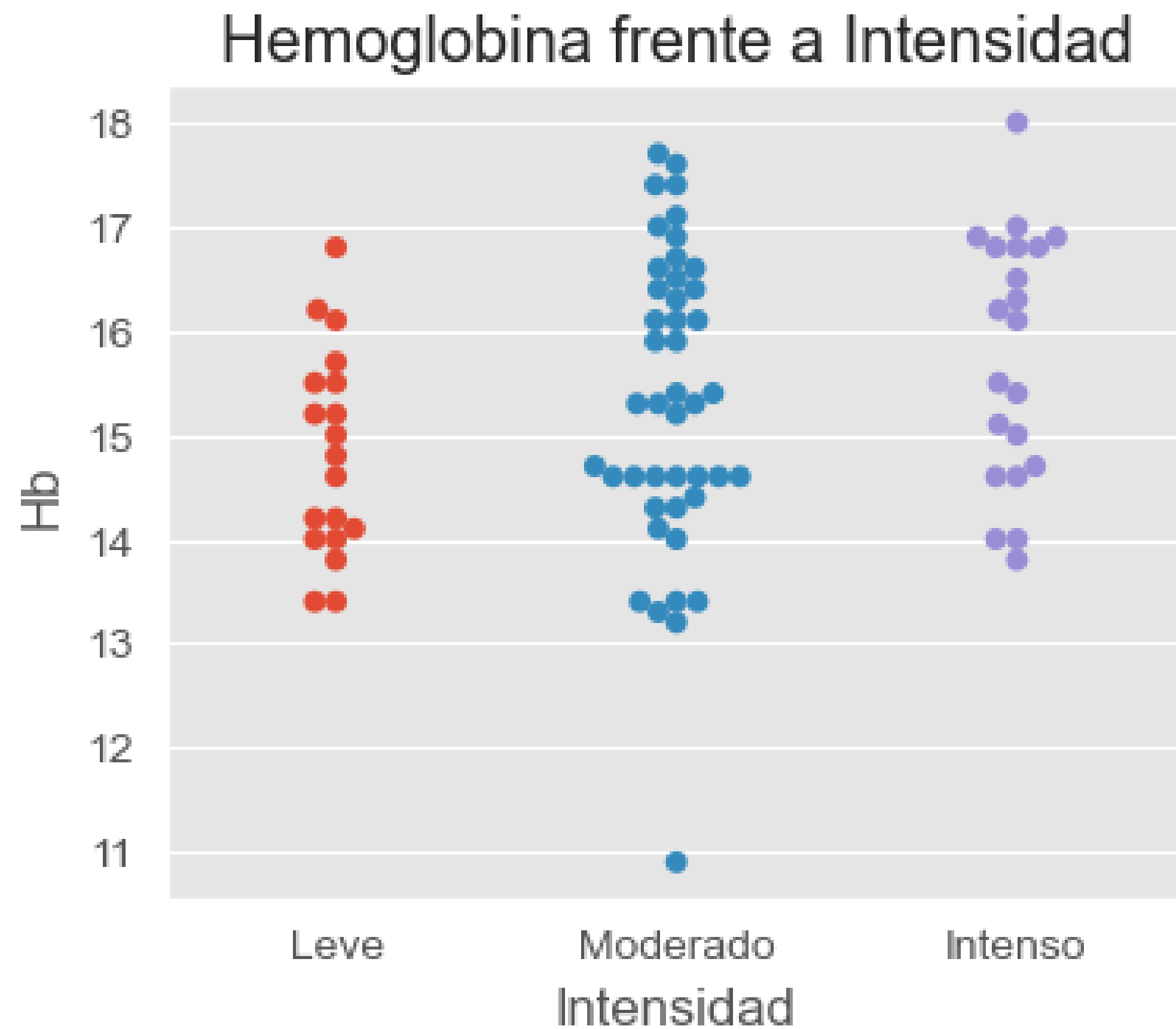
Enfermedad cardiovascular previa				
Intensidad del Trabajo		NO	SI	Total
Baja intensidad	Número	22	6	28
	% dentro del grupo	78.6 %	21.4 %	100.0 %
Intensidad moderada	Número	62	8	70
	% dentro del grupo	88.6 %	11.4 %	100.0 %
Alta intensidad	Número	19	7	26
	% dentro del grupo	73.1 %	26.9 %	100.0 %
Total	Número	103	21	124
	% dentro del grupo	83.1 %	16.9 %	100.0 %

VO2: consumo de oxígeno (medido como mL/min/kg); VO2@AT: consumo de oxígeno en el umbral anaeróbico; METs: equivalentes metabólicos. ; IntenMETs: intensidad del trabajo habitual en METS

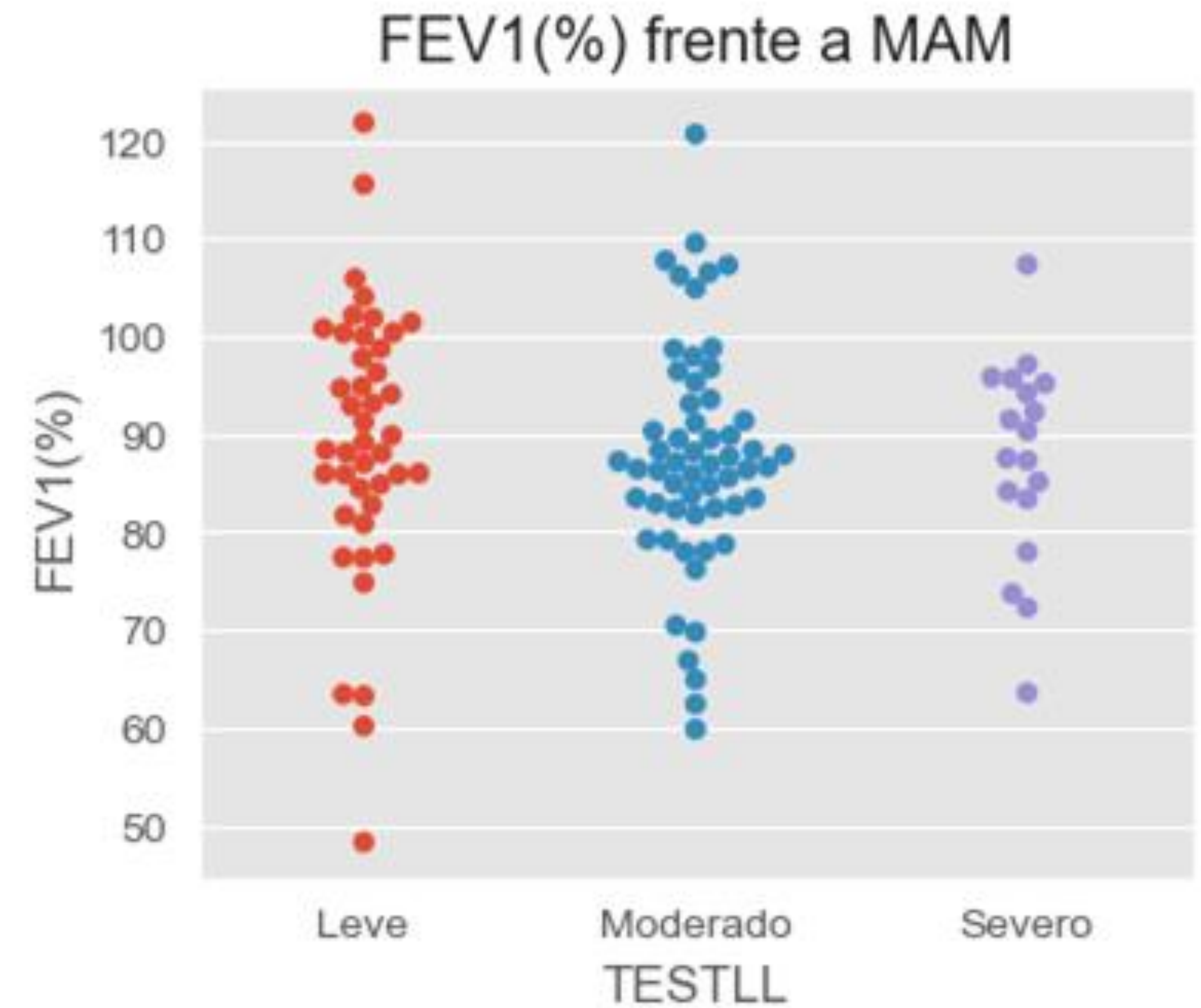
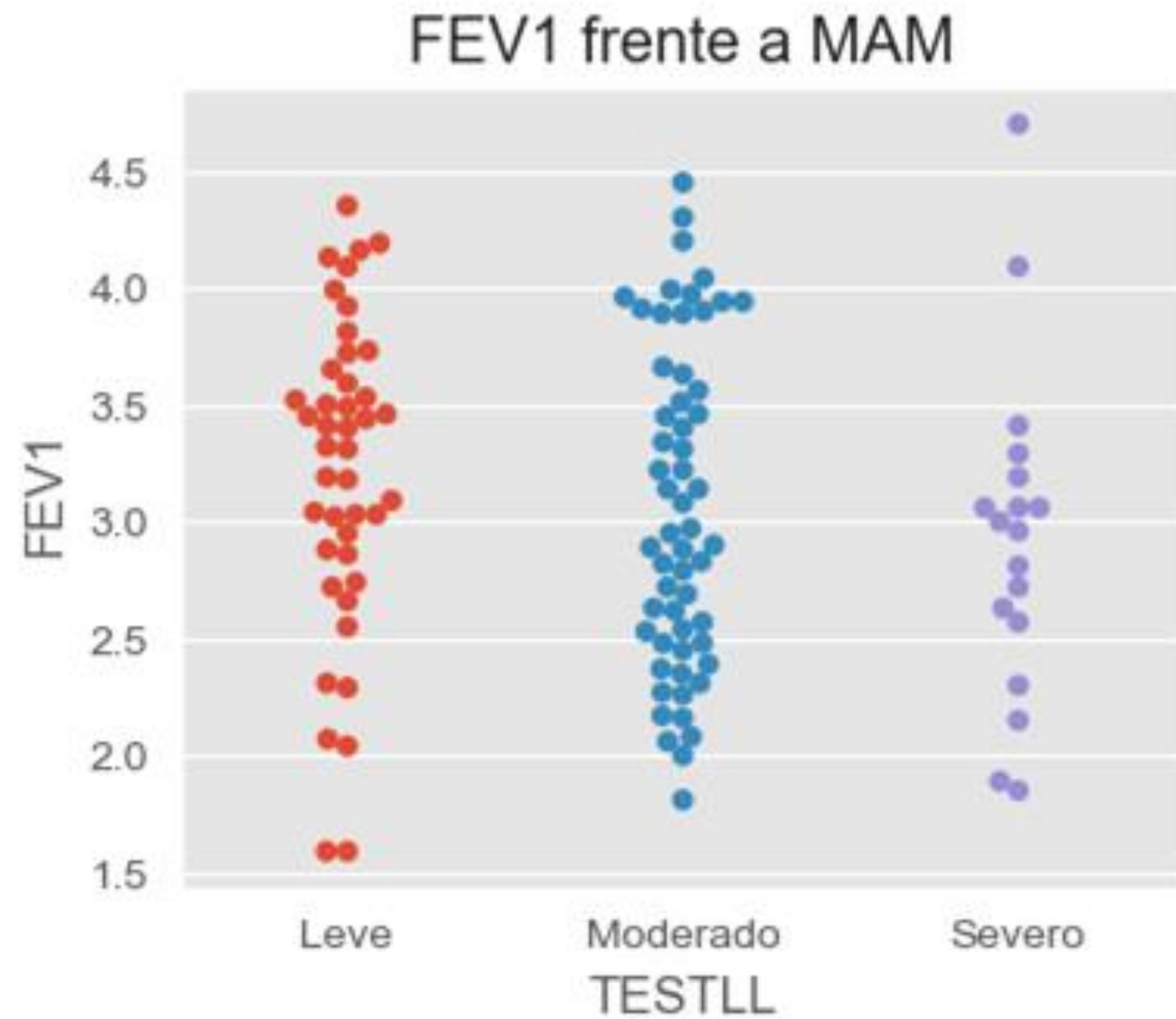
FVC FRENTE A ALTITUD E INTENSIDAD



Hb y Hto frente a intensidad



FEV1 FRENTE A MAL DE ALTURA

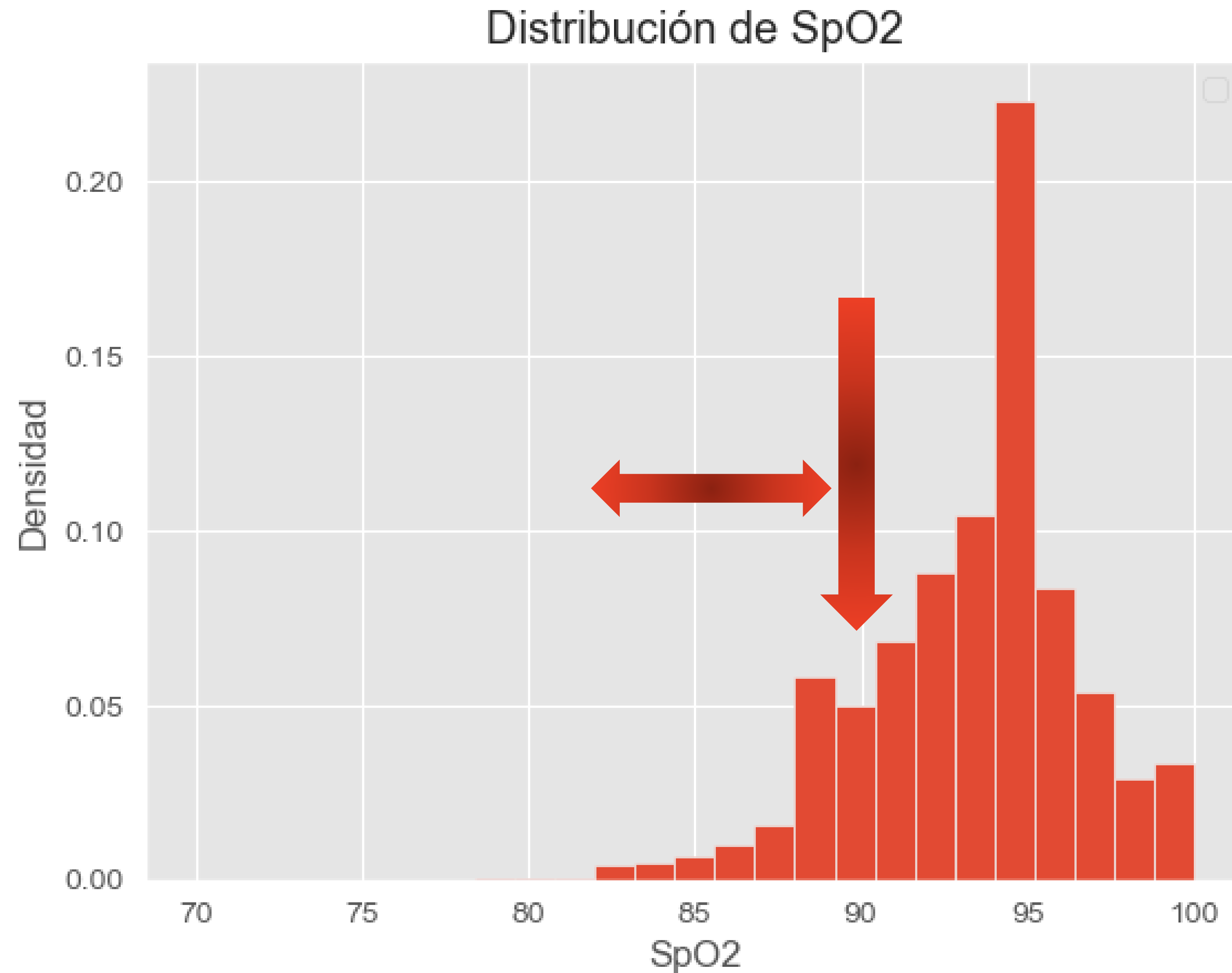


ANÁLISIS DE DATOS DINÁMICOS

ANÁLISIS PERSONALIZADO

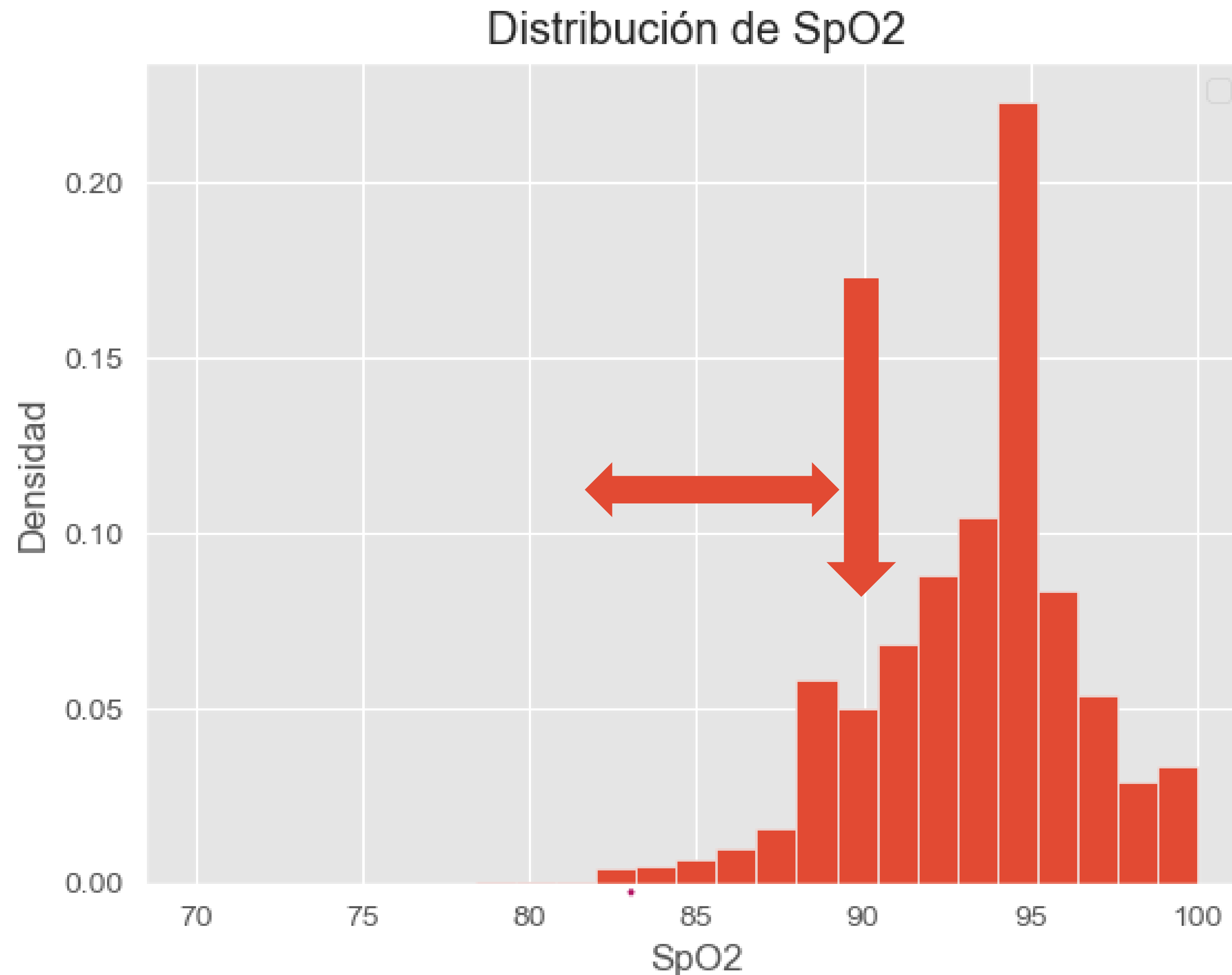
Seguimiento con dispositivos personales

Saturación en voluntarios con FVC <80%



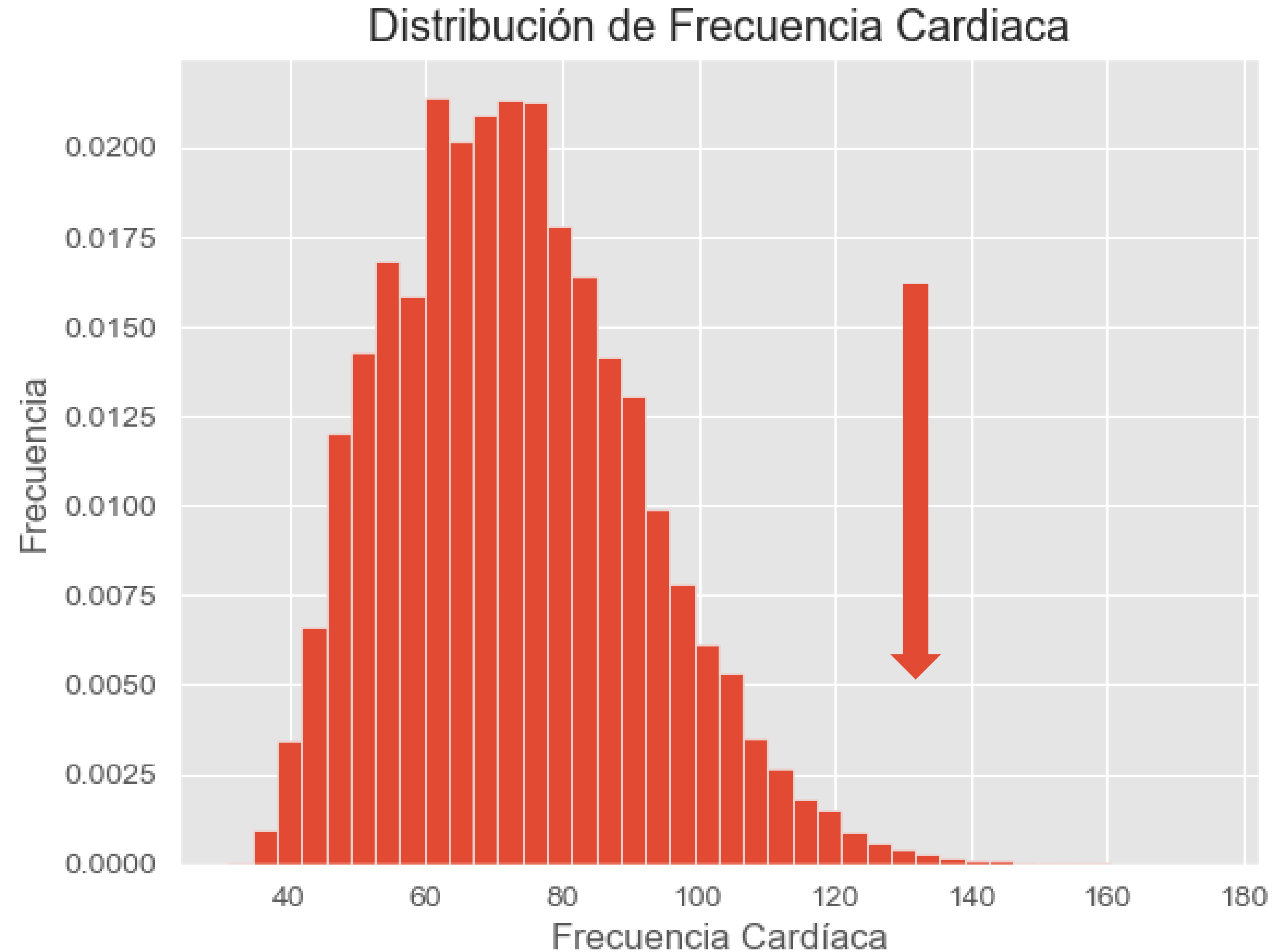
Seguimiento de
16 voluntarios,
con 404785
registros

Saturación O2 en voluntarios con VO2<85%



Seguimiento de 36 voluntarios,
1.317.596 registros

FC en voluntarios con $\text{VO}_2 < 85\%$



Seguimiento de
36 voluntarios
14.530.800
registros

Conclusiones generales



Estudio Altius-SN

Conclusiones Generales (I)

1. El estudio ALTIUS-SN ha sido capaz de estudiar el estado de salud general de la plantilla de trabajadores de CETURSA.
2. La mayoría de los trabajadores estudiados realiza un trabajo de intensidad moderada. Un 31 % de los trabajadores está en una situación de baja condición física y un 17 % ya tiene una enfermedad cardiovascular diagnosticada.
3. No hemos encontrado diferencias significativas en el estado de salud entre los trabajadores en función de la altitud a la que desarrollan su trabajo.
4. No hemos encontrado diferencias significativas en el estado de salud entre los trabajadores en función de la intensidad de su trabajo habitual

Conclusiones Generales (II)

5. No hemos encontrado diferencias significativas en la capacidad de llevar a cabo actividades que requieren un esfuerzo submáximo en función de la altitud o de la intensidad del trabajo habitual.
6. La proporción de trabajadores con una capacidad de esfuerzo en rango de normalidad es similar entre las diferentes condiciones de trabajo (altitud e intensidad).
7. La proporción de trabajadores con una enfermedad cardiovascular diagnosticada es similar entre las diferentes condiciones de trabajo (altitud e intensidad).

Conclusiones Generales (II)

8. De los datos de seguimiento se obtienen patrones que permiten identificar individuos que pueden tener más riesgo de desarrollar enfermedad.
9. Es necesario completar el estudio con la cohorte de seguimiento.
10. Es posible alcanzar el objetivo de generar un “dosímetro” multidimensional para valorar el nivel de riesgo de los trabajadores.

Voluntarios de similares Características que
trabajan en Granada y alrededores: COVIRAN



Selección de muestra para el estudio ALTIUS-SN			
	Tiempo/meses	MET durante su actividad laboral	Número de sujetos
Trabajadores que han desarrollado su actividad laboral en altura > 2000 m durante un tiempo mínimo acumulado de 12 meses 	12 a 36	<3	10
		3 a 6	10
		>6	10
	37 a 60	<3	10
		3 a 6	10
		>6	10
	>60	<3	10
		3 a 6	10
		>6	10
			90
Trabajadores que han desarrollado su actividad laboral en altura < 2000 m durante un tiempo mínimo acumulado > 12 meses	>12 a >60	<3	10
		3 a 6	10
		>6	10
			30



Equipo de trabajo ALTIUS-SN

pjromero@ugr.es

MUCHAS GRACIAS