

### **III Congreso Internacional de la SEHA**

XVII Congreso de Historia Agraria / VIII Encuentro Rural Report

DESPOBLACIÓN RURAL, DESEQUILIBRIO TERRITORIAL Y SOSTENIBILIDAD

Salamanca, 3-6 de junio de 2020

**SESIÓN: Niveles de vida biológicos y salud en el mundo rural ibérico, siglos  
XVIII-XX**

---

#### **¿INFLUYE EL MES DE NACIMIENTO EN LA TALLA?**

#### **EVIDENCIA DE LOS QUINTOS EN LA ESPAÑA RURAL DEL SIGLO XX**

Ramallo-Ros, Salvador,  
Candela-Martínez, Begoña  
Cañabate-Cabezuelos, José  
Martínez-Carrión, José Miguel  
(Universidad de Murcia)

#### **Objetivos:**

La temporada de nacimiento se ha asociado con una amplia gama de resultados de salud a lo largo de la vida a través de la antropometría, como el peso al nacer y el IMC en la infancia, el momento de la pubertad y el tamaño corporal de los adultos. Exploramos si el mes de nacimiento y el clima acumulado desde la gestación influyen en la altura adulta masculina. El estudio se centra en la población de la España rural antes de concluir la modernización.

#### **Materiales y métodos:**

La base de datos de alturas (N = 16.266) está compuesta por conscriptos (*quintos*) que han alcanzado los 20 años entre 1908 y 1985 (cohortes de nacimiento 1886-1965). La muestra poblacional procede un municipio de la España interior: Hellín, en la región de Castilla-La Mancha, una zona principalmente agraria, con pocos recursos y bajos ingresos hasta las décadas de 1970/80. Se implementan dos metodologías diferentes: una

regresión armónica, utilizando una regresión lineal con covariables sinusoidales, y un modelo de ‘Bosques Aleatorios’ (random forests)

**Resultados:**

Encontramos que el mes de nacimiento es una variable con cierta influencia en la altura y que el final del verano y el otoño parecen ser favorables a la altura. La altura del mes con tallas más altas es septiembre, con 0.5 cm superior a la media anual y 0.9 cm superior a febrero, que registra la menor altura. Además, observamos que la influencia de la precipitación y la temperatura durante la gestación en altura tiene poca influencia adicional debido a un efecto sustitución de la variable mes.

**Discusión:**

Nuestros resultados sugieren que los efectos estacionales sobre la talla pueden ser significativos y verse afectados parcialmente por factores ambientales en el entorno de la vida temprana. Nuestros hallazgos podrían tener interés para poblaciones de bajos ingresos y sociedades rurales en desarrollo.

**Keywords:** height, seasonality, birth month, climate

---

**¿INFLUYE EL MES DE NACIMIENTO EN LA TALLA?**  
**EVIDENCIA DE LOS QUINTOS EN LA ESPAÑA RURAL DEL SIGLO XX**

**Introducción**

En los últimos tiempos, un cuerpo creciente de investigación con datos históricos destaca la influencia del clima en la nutrición y la salud infantil a través del retraso en el crecimiento, ya que la agricultura y la seguridad alimentaria se ven más afectadas por las crisis climáticas. En las sociedades agrarias del pasado, además del entorno de la nutrición y la infección, la variabilidad del clima se configura como uno de los principales determinantes de la salud de los nacidos y de la altura adulta, que afectan principalmente a las poblaciones caracterizadas particularmente por bajos ingresos y escasos recursos (Baten, 2002; Carson, 2009; Moradi, 2012; Bruckner et al, 2014; Galofré-Vilà et al., 2018; Galofré, Martínez-Carrión & Puche, 2018; Ogasawara & Yumitori, 2019; Bassino et al., 2020). Las investigaciones muestran que la estación y el mes de nacimiento son un indicador confiable de las circunstancias nutricionales y epidemiológicas al final de la vida uterina y en los primeros años de vida, que a su vez influyen en los resultados de la talla adulta. Sin embargo, hay poca investigación histórica sobre los efectos del mes de nacimiento en la altura adulta (Cvrcek 2006; Lehmann, Scheiffler & Hermanussen, 2010). La evidencia sobre la estacionalidad de la estatura en poblaciones históricas de la España rural podría arrojar luz sobre la cuestión planteada y ser una ventana de conocimiento para las poblaciones actuales de ingresos medios y bajos.

La variabilidad climática observada por las fluctuaciones de temperaturas y precipitaciones y el cambio climático, que al mismo tiempo influyen en la dieta y las enfermedades, son un verdadero desafío para los niños y adolescentes, principalmente en sociedades dependientes de la agricultura y con poco desarrollo tecnológico (Groppo & Kraehnert, 2016; Bauer & Mburu, 2017; Davenport et al., 2017; Wineman et al., 2017; Randell et al., 2020, Thiede & Strube, 2020). El consumo de nutrientes, los ingresos y la distribución de la riqueza, la prevalencia de enfermedades ambientales y el impacto de las infecciones pueden verse afectados por la variabilidad climática. Los choques derivados del cambio climático y la amplitud de las fluctuaciones estacionales influyen en la dotación y la disponibilidad de recursos, en los medios de subsistencia y aumentan

la vulnerabilidad de la población infantil que, además puede verse afectada por desnutrición, anemia, bajo peso y retraso del crecimiento (Puch et al., 2008; Arndt et al., 2016; Vaivada et al., 2020).

Desde que se identificaron patrones estacionales en los parámetros de crecimiento infantil y adolescente hace décadas (Tanner, 1962; Marshall, 1971; Bogin, 1978), el impacto de la variabilidad climática sobre la estacionalidad y el mes de nacimiento en la altura sigue siendo un tema controvertido en la literatura (Weber, 1998; Strand et al., 2011; Sohn, 2015; Douros et al., 2019). Aunque nadie contradice la evidencia sobre las variaciones estacionales en el crecimiento, observadas en todas las edades de niños y jóvenes, los resultados no siempre son consistentes y muestran diversidad de patrones de altura según la temporada del nacimiento en los dos hemisferios y que, además, han sido cambiantes en el tiempo (Schwekendiek et al, 2009; Zhang 2011; Pomeroy et al, 2014; Day et al., 2015; Dalskov et al., 2016; Fangliang et al, 2017; Lei et al 2017). También han sido especialmente cambiantes los patrones de variabilidad estacional del peso al nacimiento y del índice de masa corporal durante el proceso de la transición nutricional (Jensen et al, 2015; Rosset et al, 2017; Bollen & Hujoel, 2020; Hemati et al., 2020).

Estudios previos sobre el impacto de la estacionalidad en la altura muestran que los nacidos en las temporadas de primavera y otoño alcanzan los promedios de talla más altos. Los estudios europeos sobre adultos varones mostraron que los reclutas austriacos más altos nacieron en febrero a julio (Weber, 1998). Los resultados de una muestra de hombres jóvenes suecos arrojaron que los que nacieron entre marzo y mayo tuvieron tallas más favorables que los nacidos en noviembre y diciembre (Kihlbom & Johnason, 2004). Un estudio con hombres españoles de 35 a 64 años mostró que los más altos nacieron en junio y julio (Banegas et al. 2001). Aunque una mayoría de estudios señalan que los nacidos en la estación fría (meses de invierno) son más bajos que los nacidos en otras estaciones, otros estudios arrojan resultados divergentes. Una investigación con niños de hasta 20 años de edad en pueblos rurales de Polonia mostró que los nacidos de octubre a marzo demostraron ser significativamente más altos y pesados que los nacidos de abril a septiembre (Kościński et al., 2004). Los datos antropométricos de nacimiento daneses muestran patrones estacionales complejos y cambiantes (McGrath et al, 2007).

El efecto del mes de nacimiento resulta más heterogéneo entre los países en desarrollo. En la India, Lokshin y Radyakin (2012) encontraron que los niños nacidos durante los

meses del monzón tenían puntuaciones antropométricas más bajas en comparación con los niños nacidos durante los meses de otoño-invierno. Sin embargo, recientes revisiones sistemáticas sugieren que no existe un patrón claro entre el mes de nacimiento y la talla, ni siquiera entre el peso al nacer y la estación/mes de nacimiento, advirtiendo que la ocurrencia de bajo peso al nacer fue más frecuente entre los bebés que nacieron en verano que entre otros (Rosset et al, 2017; Hemati et al. 2021). La investigación adicional sugiere centrarse en identificar el impacto de los factores de confusión, por ejemplo, el estado de la vitamina D. La importancia de la radiación solar, la disponibilidad de luz ultravioleta y la síntesis de vitamina D y como factores que contribuyen al crecimiento posnatal temprano ha sido un argumento explicativo desde los primeros estudios (Bogin, 1978).

En este artículo, examinamos la relación entre el clima y la salud de los niños a través de la altura alcanzada al final de la adolescencia, dado que el vínculo entre la variabilidad estacional del clima y el mes de nacimiento ha recibido una atención más limitada. Exploramos si nacer en una determinada época del año afecta el retraso del crecimiento y lo hacemos a través de la estatura adulta con datos de la fecha de nacimiento de los conscriptos llamados al reclutamiento militar en la España del siglo XX, etapa caracterizada por la modernización, la transición demográfica y el impulso del crecimiento económico moderno. Desde principios del siglo XX, los cambios ambientales y socioeconómicos han sido dramáticos y han erosionado los rasgos de una sociedad agraria tradicional. El aumento de estatura ha sido significativo tanto en el mundo rural como en el urbano, al menos desde la década de 1950, consecuencia en general de mejoras en los ingresos, la educación y el nivel de vida (García & Quintana-Domeque, 2007; Martínez-Carrión, 2016; Cañabate y Martínez-Carrión, 2017; Cámara, Martínez-Carrión, Puche & Ramon-Muñoz, 2019). Sin embargo, no conocemos la relación entre la variabilidad climática estacional y la altura según el mes de nacimiento. Además, probamos la influencia de la precipitación y la temperatura en la altura durante el período de gestación. Realizamos el análisis mediante regresión armónica y ‘bosque aleatorio’ para concluir que efectivamente tienen influencia, aunque el mes de nacimiento ya capta los efectos de las variables climatológicas.

Este documento está organizado de acuerdo con las siguientes partes. En la primera sección, describimos la base de datos y la metodología implementada. En la segunda sección mostramos los resultados que surgen utilizando los diferentes métodos de

análisis. Y finalmente, la tercera sección presenta algunas conclusiones y discusión de los resultados anteriores.

## **1. Materiales y métodos**

Los datos se extraen de los registros de alistamiento y declaraciones de los reclutas militares y los registros de clasificación de reclutas (Cañabate & Martínez-Carrión, 2017). Los datos de estatura utilizados en esta investigación son de soldados con edades en torno a los 20 años, nacidos entre los años 1886 y 1965. Estos reclutas proceden de una localidad del interior del sureste de España: el municipio de Hellín, que se encuentra al sur de la provincia de Albacete, lindando con la provincia de Murcia. Este municipio fue una zona agraria con un porcentaje importante de población rural incluso durante la modernización del país, hacia las décadas de 1960-70, cuando se produjeron las transformaciones económicas, sociales y demográficas más importantes.

En Hellín, el clima se considera estepa local. La temperatura media anual es de 15.2 ° C y la precipitación es de 365 mm por año. El mes más seco es julio, con 7 mm de lluvia. En abril, la precipitación alcanza su pico; con una media de 49 mm julio es el mes más cálido del año con promedios de 24.5°C, mientras que enero es el mes más frío del año. Hay una diferencia de 42 mm de precipitación entre los meses más secos y los más húmedos. La variación de temperatura anual ronda los 17.4 °C.

En este trabajo analizamos en primer lugar si el mes de nacimiento es una variable que influye en la altura de los reclutas siguiendo a Douros, Fytanidis & Papadimitriou (2019). Siguiendo su metodología, usamos una regresión lineal con covariables sinusoidales. Una vez que sabemos que es una variable con influencia, y dado que los coeficientes de regresión no informan sobre la importancia de esa variable sobre la variable dependiente, complementamos el análisis con el uso de otro modelo predictivo de la altura, el algoritmo de bosque aleatorio (Breiman, 2001). Elegimos esta técnica (más robusta que un árbol de decisión y más precisa que los mínimos cuadrados ordinarios) porque permite investigar la importancia de las variables para hacer la predicción. Si resulta en una buena predicción se puede utilizar como forma indirecta de determinar la influencia de una variable en la variable de predicción. Además, captura las no linealidades entre variables. Para este

método, necesitamos usar todas las variables disponibles en el conjunto de datos para que el modelo seleccione las variables más utilizadas en la predicción.

En segundo lugar, investigamos si la temperatura y las precipitaciones acumuladas también pueden influir en el período de gestación. En este caso, la base de datos utilizada se reduce al período de 1933 a 1965 debido a la disponibilidad de datos meteorológicos de la Agencia Estatal de Meteorología de España (AEMET).

## 2. Resultados

En primer lugar, realizamos una regresión armónica para demostrar la importancia de la variable mes en la altura. En esta regresión también incluimos la variable año de nacimiento. La muestra final está compuesta por 16.266 observaciones de las 20.017 iniciales que incluían valores perdidos que debían eliminarse. En la **Tabla 1** encontramos el tamaño de la muestra por mes de nacimiento y la altura media de cada mes.

**Tabla 1.** Tamaño de la muestra y altura media por mes de nacimiento

Month of birth	Sample size	Mean height
January	1564	164.33
February	1592	164.16
March	1531	164.70
April	1403	164.19
May	1435	164.18
June	1365	164.50
July	1247	164.57
August	1149	164.64
September	1293	165.01
October	1280	164.67
November	1153	164.74
December	1254	164.69

Notas: descripción de los datos, calculados con datos de Actas de Clasificación y Declaración de Soldados y Suplentes.

Es necesario realizar una transformación sinusoidal de la variable mes para tener las variables sin y cos. Realizamos la regresión de ambas variables con el año de nacimiento y la talla, los resultados de la estimación se pueden encontrar en la siguiente tabla (**Tabla 2**).

**Tabla 2. Resultados de la estimación**

	<b>Estimate</b>	<b>Standard Error</b>	<b>T value</b>
Intercept	-17.713***	4.300	-4.1196
Sin(2* $\pi$ *month/T)	-0.201**	0.069	-2.925
cos(2* $\pi$ *month/T)	0.124	0.069	1.782
Year born	0.095***	0.002	42.389

Raíz MSE es igual a 62.15 \* p <0.05, \*\* p <0.01, \*\*\* p <0.001

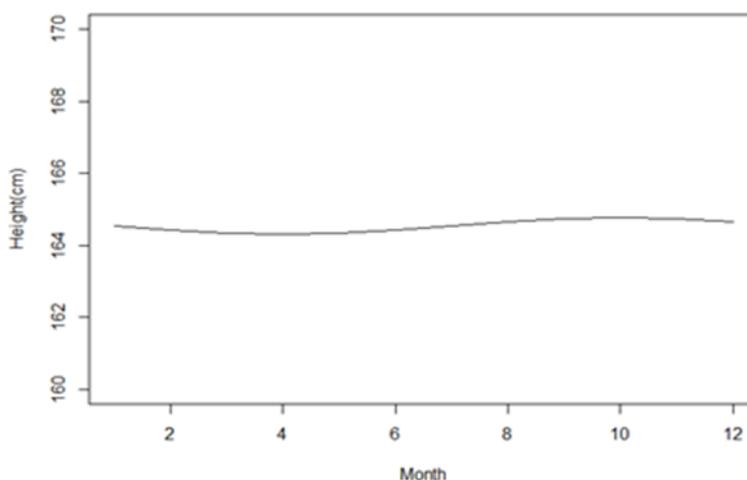
Notas: Mejor estimación de regresión por MCO con transformación sinusoidal de la variable mes (Sin y Cos).

Ambos parámetros del modelo son significativos en un intervalo de confianza del 90% de nivel de significancia ( $\beta_1 = -0.20$ ,  $p = 0.0034$  y  $\beta_2 = 0.12$ ,  $p = 0.0748$ ). La amplitud es 0.236 y luego, la variación cíclica (definida como la diferencia entre el punto más alto y el más pequeño) es 0.472 cm. El valor de  $t_m$  es -1.95 y dado que  $\beta_1 < 0$ , el mínimo es 4.05 a finales de abril y el máximo es 10.05 a finales de octubre. El coeficiente de variación indica que la relación entre la desviación y la media es del 3.8% y el coeficiente total de variación cíclica es del -1.3% con un intervalo entre -2.3 y -3.3 al 95% del nivel de confianza. Además, el modelo es capaz de explicar al 10% la variación de la altura ( $R^2 = 10.0020$ ).

Para ser más rigurosos, analizamos los residuos de la regresión y se comprueba que no podemos rechazar la hipótesis nula que establece que los errores no están correlacionados, utilizando la prueba Durbin-Watson ( $DW = 1.9$  y  $p\text{-value} = 1.92e-10$ ) y además los residuos no siguen una distribución normal usando la prueba de Jarque-Bera ( $X\text{-cuadrado} = 99.44$  y  $p\text{-value} = 2.2e-16$ ), a pesar de que los errores mostraron normalidad en una visualización gráfica. Ante esto, se procede a ejecutar la regresión armónica con errores HAC con el fin de solucionar los problemas evaluados y otros inconvenientes como la heterocedasticidad. Los estimadores resultantes resultan idénticos hasta el cuarto dígito decimal, por lo que podemos considerar que los resultados son robustos. De hecho, con la transformación de Box-Cox la hipótesis de las pruebas podría rechazarse.

En la **Figura 1**, podemos observar la correlación entre la altura y el mes de nacimiento según la predicción del modelo, los meses de nacimiento en otoño presentan alturas más altas.

**Figura 1.** Correlación entre el mes de nacimiento y la talla



Fuente: Actas de Clasificación y Declaración de Soldados y Suplentes.

En este sentido, es correcto el procedimiento de la primera regresión para probar si la influencia del mes de nacimiento fue significativa sobre la talla. De hecho, ya se observó cierta influencia en los datos sobre este efecto positivo de los meses de otoño (**Figura 1**)

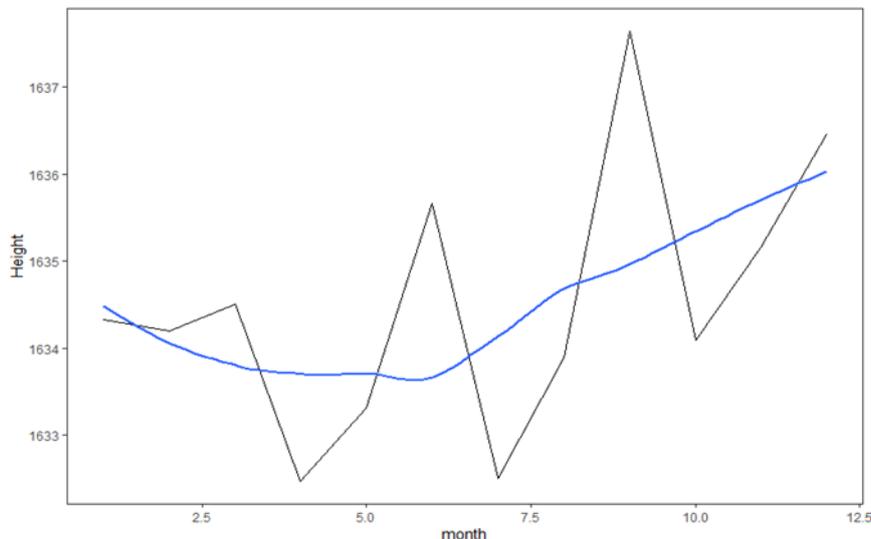
En segundo lugar, una vez que se conoce el significado del mes de nacimiento, y aprovechando que podemos tener una base de datos más amplia, ajustamos un modelo de bosque aleatorio (árbol de decisión con un algoritmo de boosting) que indica cuáles de nuestras variables de la base de datos son relativamente importantes cuando predecimos la altura. Si nuestro modelo puede predecir bien la altura y para estas predicciones utiliza mucho la variable mes se podría interpretar que, de manera cualitativa, esta variable es importante para predecir y describir la altura y los resultados serán más robusto. Además, este modelo nos permite identificar qué variables son las más importantes para predecir la altura y, si esta predicción es buena, nos permitirá considerar la importancia relativa del resto de variables.

Considerando una escala de 0 a 100, el modelo al construir las predicciones otorga un peso del 43% a la variable año de nacimiento que se puede explicar por el hecho de que cohortes más recientes se han beneficiado de mejores condiciones sanitarias, ambiente laboral más saludable y ganancias de ingresos. La variable mes de nacimiento tiene un peso de 33%, ser trabajador calificado tiene un peso de 9% al construir la predicción y la

variable rural o urbana 5%. Las otras variables apenas se utilizan para construir predicciones de altura. Entonces, nuestro modelo, que consigue predecir bien las alturas de los individuos según los datos restantes, construye estas predicciones teniendo bastante en cuenta la variable mes de nacimiento.

Además, esta metodología nos permite crear gráficos de dependencia parcial que analizan la influencia de una única variable con respecto a la variable de interés, en nuestro caso, la altura. En la Figura 2 observamos una dependencia parcial del mes de nacimiento con la altura y podemos ver que los meses de otoño tienen una mayor probabilidad de una mayor altura.

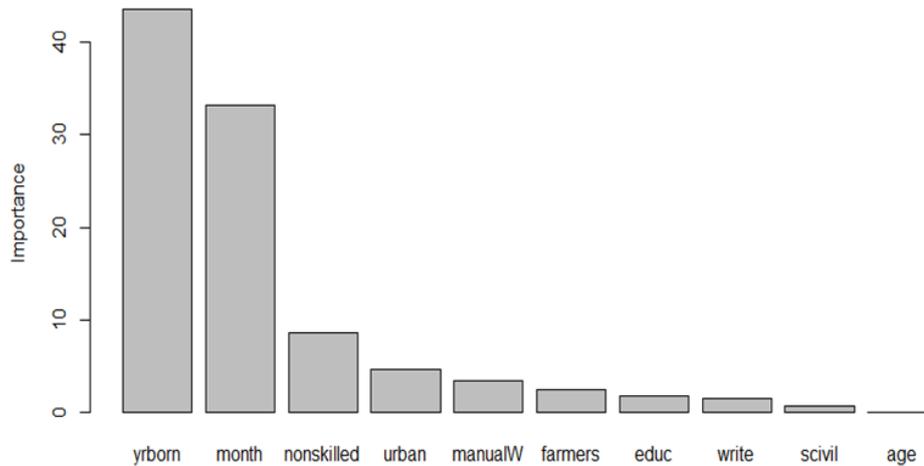
**Figura 2. Dependencia parcial entre mes de nacimiento y talla**



Notas: Dependencia parcial entre el mes de nacimiento y la altura. La línea azul representa un ajuste de media móvil.

Además, como los coeficientes no nos dan información sobre la importancia de las variables, podemos estudiar la importancia en nuestra base de datos como se mencionó anteriormente. Implementamos un modelo Random Forest (RF) con todos los datos y observamos que gana poder predictivo incluido el mes. Esto confirma la hipótesis anterior y vemos que es una variable muy importante cuando hacemos la predicción con nuestra base de datos. Estos resultados se resumen en la **Figura 3**, que muestra la importancia de cada variable en el modelo.

**Figura 3. Importancia relativa de cada variable en la predicción de Random Forest (RF)**



Notas: Yrborn es el año de nacimiento, month es el mes de nacimiento, nonskilled es el tipo de trabajo, urban se refiere al lugar de residencia (ciudad o no), manualW se refiere a trabajadores manuales o no, educ a nivel educativo alto, write si saben escribir, scivil se refiere si es una persona soltera o casada.

El error de la predicción usando MCO contra el que tiene RF es mayor (error cuadrático medio (MSE) MCO es 3509.961 y MSE con RF es igual a 2732.694), por lo que usar este modelo como aproximación para estudiar la importancia de las variables parece ser una buena opción.

Ahora, presentamos evidencia del análisis que incluye el mes de nacimiento, la temperatura y las precipitaciones acumuladas durante el embarazo mediante una regresión lineal. También investigamos si la temperatura acumulada y las precipitaciones acumuladas durante el embarazo son útiles en la predicción, dado que los meses de menor altura son aquellos en los que el verano no formó parte del embarazo. Para este análisis utilizamos la pequeña muestra disponible (1933-1965) debido a la falta de datos climáticos anteriores a 1933. Los resultados de la regresión muestran que es apenas significativa y el mes de nacimiento pierde significancia, probablemente porque contienen información similar. Presentamos estos resultados en las siguientes tablas.

**Tabla 3.**

1) Misma regresión que antes, pero con submuestra 1933-1965

	<b>Coefficient</b>	<b>Standard Error</b>	<b>T-value</b>
Intercept	-237.7***	15.19	-15.649
$\sin(2*\pi*month/T)$	-0.181	0.105	-1.724
$\cos(2*\pi*month/T)$	0.106	0.106	0.998
Year birth	0.208***	0.008	26.622

Root MSE 3910.586 \*  $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$

Notes: OLS regression estimation.

2) Incluyendo la temperatura

	<b>Coefficient</b>	<b>Standard Error</b>	<b>T-value</b>
Intercept	-2283***	1679	-13.597
$\sin(2*\pi*month/T)$	-2.144	1.095	-1.958
$\cos(2*\pi*month/T)$	0.935	1.077	0.869
dftemp	0.024	0.016	1.469
Year birth	0.208***	0.008	26.622

Root MSE 3909.36 \*  $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$

Notes: Best OLS regression estimation with accumulated temperature during the gestation (dftemp) included with no sinusoidal transformation.

3) Incluyendo precipitación sinusoidal

	<b>Coefficient</b>	<b>Standard Error</b>	<b>T-value</b>
Intercept	-2345***	155.5	-15.079
$\sin(2*\pi*month/T)$	0.681	1.094	0.623
$\cos(2*\pi*month/T)$	-1.771	1.066	-1.661
sin2	-1.838	1.064	-1.727
cos2	0.8215	1.082	0.759
Year birth	2.058***	0.080	25.801

Root MSE 3909.35 \*  $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$

Notes: Best OLS regression estimation with accumulated precipitation during the gestation with a sinusoidal transformation (sin2 and cos2).

Los resultados con temperatura, mes de nacimiento y precipitación presentan peor desempeño e importancia. Solo incluir la temperatura o solo la precipitación también funciona peor.

Introduciendo la temperatura en el modelo de predicción con bosque aleatorio, observamos que la ganancia es muy pequeña, un 1.5%, y la importancia que alcanza la variable viene del mes, dado que la variable mes ya contiene esa información. El modelo sin el mes se comporta mucho peor, por lo que podemos concluir que la variable mes es importante y contiene toda la información sobre temperatura y precipitación acumulada, que apenas suman información a la ya conocida por el mes. Podemos observar este razonamiento en la **Tabla 4** que resume el MSE de cada modelo.

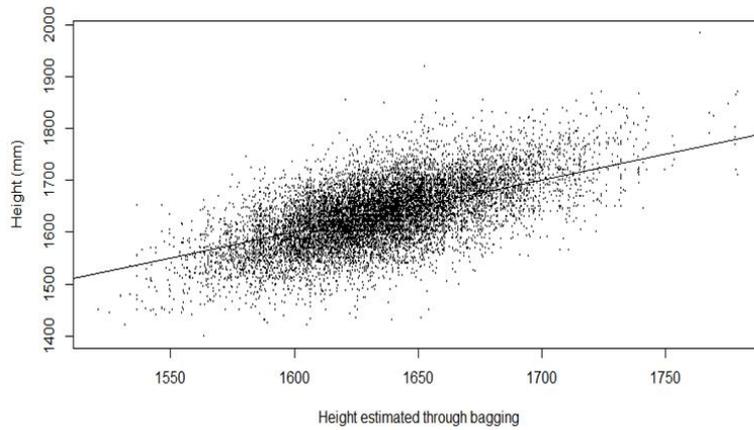
**Tabla 4.** Error estándar medio por modelo

<b>Modelo</b>	<b>MSE</b>
Mes OLS y precipitación	3470.194
RF sin mes, ni temperatura ni precipitación	3227.525
RF sin mes y con temperatura	2415.133
RF sin mes y con precipitación	2423.562
RF sin mes con temperatura y precipitación	2423.434
RF con mes	2269.330
RF con mes y temperatura	2302.934
RF con mes y precipitación	2265.169

Notas: Precisión de los diferentes modelos de Random Forest.

Podemos observar cómo la introducción de las variables mes, temperatura o precipitación no mejora el modelo con respecto al que no las tiene. La comparación entre los modelos con estas variables muestra que, como se ha mencionado anteriormente, el efecto de estas variables es principalmente sustitutivo. El modelo que presenta un mejor desempeño es el que incluye la variable mes y la variable precipitación con todas las demás variables en la base de datos, y también se muestran en la **Figura 4**.

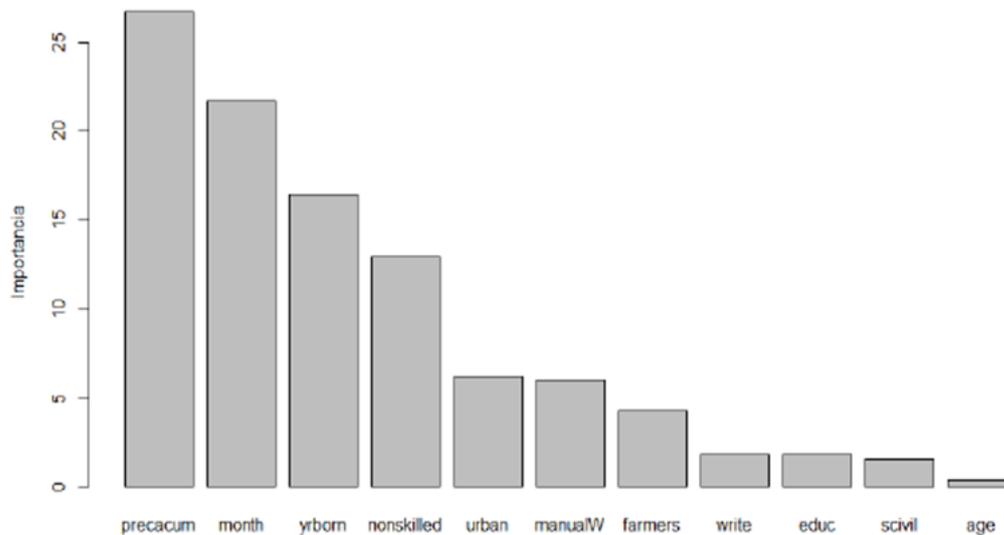
**Figura 4. Predicción de RF y valores reales.**



Fuente: Actas de Clasificación y Declaración de Soldados y Suplentes.

Por otro lado, la importancia de las variables en este último modelo, se presentan en la **Figura 5.**

**Figura 5. Importancia relativa de cada variable en la predicción**

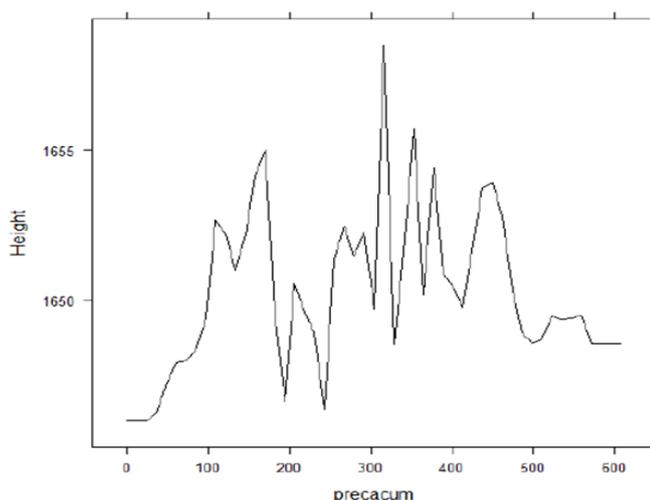


Fuente. Spanish Meteorology Agency –AEMET, Hellín Observatory (1968-83, 1987. CLIMATE-DATA.ORG (Hellín, 1982-2012). <https://es.climate-data.org/info/sources/>

Notas: Precacum se refiere a la precipitación acumulada durante los 9 meses anteriores. Yrborn es el año de nacimiento, month es el mes de nacimiento, nonskilled es el tipo de trabajo, urban se refiere al lugar de residencia (ciudad o no), manualW se refiere a trabajadores manuales o no, educ a nivel educativo alto, write si saben escribir, scivil se refiere si es una persona soltera o casada. Finalmente, age se refiere a la edad de los individuos.

Como se puede observar en comparación con la figura que no incluye la variable precipitación (**Figura 3**), la importancia de la variable precipitación proviene de quitarla de la variable mes por el mencionado efecto sustitutivo. Además, para este último modelo, el gráfico de dependencia parcial (**Figura 6**) generado por RF muestra que, entre el rango de 300 a 400 mm acumulado en los nueve meses de gestación, la altura es mayor, pero este efecto es básicamente cero en comparación con la influencia de la variable mes de nacimiento, como se ha visto en el análisis.

**Figura 6. Gráfico de dependencia parcial de la altura y precipitación acumulada durante la gestación**



Notas: Preacum se refiere a la precipitación acumulada durante los 9 meses anteriores.

Para el futuro habría que ver los cambios en el periodo por grandes etapas bien definidas y la sensibilidad al cambio climático. Comprobar si la altura es menos sensible al clima a medida que se difunde la tecnología y mejora la productividad, lo que rompería con el ciclo dependiente de los recursos alimenticios con el clima. Igualmente, cabría que comprobar si los valores de puntajes-z eran más altos en los meses de verano y otoño y más bajos en invierno (Tanaka et al, 2007).

#### **4. Discusión**

La literatura sobre la diferenciación de la estatura humana por estación y mes de nacimiento viene siendo un tema de la salud infantil importante desde hace décadas (Weber et al, 1998), pero los resultados no siempre son consistentes y, a menudo, entran en conflicto (Strand, 2011; Pomeroy, 2014; Sohn, 2015; Kramer, 2016; Rosset et al, 2017; Hemati et al, 2020; Bollen, Hujuel, 2020). La influencia del clima en las características fisiológicas a través de su impacto en la nutrición es también un hecho probado con datos históricos de tallas, al menos desde el siglo XVIII (Baten, 2002; Carson, 2009; Galofré-Vila et al, 2018, Ogasawara, 2018). Sin embargo, el efecto directo de los cambios climáticos estacionales en la salud en el pasado es un aspecto no tan estudiado.

La población del presente estudio puede considerarse bastante representativa de los adultos jóvenes de la España rural del interior, ya que usamos datos de alturas en un periodo en que el servicio militar nacional es obligatorio para todos los hombres. La historia antropométrica y la amplia literatura de antropología física muestra que los reclutas se consideran una población conveniente para los estudios de altura. Conviene señalar que usamos datos de alturas a la edad de los 21 años, cuando el crecimiento físico se ha detenido. En general, la población puede considerarse relativamente homogénea.

Los resultados muestran que los meses de septiembre a diciembre son los más favorables para la talla adulta. El mes que registra tallas más altas es septiembre, con 0.5 cm superior a la media anual y 0.9 cm superior a febrero, que registra la menor altura. En cambio, los nacidos en los meses de invierno (enero-febrero) mostraron diferencias direccionalmente opuestas. Los hallazgos son consistentes con resultados de estudios previos sobre españoles de mediana edad, en que los adultos varones nacidos en verano demostraron ser más altos que sus homólogos nacidos en invierno (Banegas, 2001). También son similares al estudio sobre los reclutas austriacos de las cohortes 1966-75 (Weber, 1998).

Mediante una regresión armónica y bosque aleatorio, probamos que el mes es una variable con una cierta influencia en la altura. Con el modelo anterior también probamos que el mes de nacimientos ya captura el efecto que la temperatura y la precipitación durante la gestación también tienen sobre la altura. Además, estas variables parecían tener una mayor influencia que otras relacionadas con la educación inicial y el grado de calificación laboral de los jóvenes, características más relacionadas con el nivel de ingresos. Nuestra investigación de caso sugiere que el otoño parece ser favorable a la altura, esto es

consistente con estudios previos que resaltan que la recolección de frutos y ganancias de ingresos, además de mayores dosis de radiación solar, en las temporadas correspondientes tuvo efectos en la salud nutricional de niños. La temporada de nacimiento, un marcador de la exposición a la vitamina D en el útero, se ha asociado con una amplia gama de resultados de salud. Nuestros resultados son consistentes con algunos estudios previos de alturas de poblaciones históricas. A finales del siglo XVIII, los niños alemanes del internado Carlsschule en Stuttgart alcanzaron altas tasas de crecimiento en verano y otoño (Lehmann et al 2010). Nuestros resultados también concuerdan con otros estudios. Lei et al. (2017) muestran para condados de bajos ingresos en el oeste de China que los niños nacidos en verano y otoño tenían menos probabilidades de presentar retraso del crecimiento que los niños nacidos en el invierno. Varios estudios anteriores también han revelado un vínculo entre el mes de nacimiento y la estatura adulta, pero con patrones contrastantes entre las diferentes poblaciones (Day et al, 2015; Doblhammer & Vaupel, 2001; Fangliang et al. 2017, Zhang, 2011). Probablemente el efecto del mes de nacimiento disminuye con la edad y es más pronunciado en los hombres, una vez probada la mayor sensibilidad de la talla masculina a los cambios ambientales.

Las investigaciones sugieren que las diferencias entre los individuos que nacen en los meses de verano y de invierno podrían deberse a la cantidad de luz solar que recibe la madre durante el embarazo, ya que eso determina en parte su exposición a la vitamina D. Hay una extensa literatura sobre la exposición a la vitamina D y la radiación solar, que requiere atención (Bogin, 1978). La vitamina D es un contribuyente importante del crecimiento posnatal temprano, como han sugerido algunos autores (Roth et al., 2013; Ma et al. 2021), aunque ambos parámetros que se ven afectados de forma independiente por la misma condición, es decir, por la radiación solar. Algunos estudios muestran que la exposición perinatal a la luz solar es el principal factor subyacente a la relación entre la altura y el mes de nacimiento, aunque los mecanismos implicados siguen siendo objeto de debate. Los hallazgos también confirmaron que la luz solar prenatal es un determinante importante de la altura (Waldie et al. 2000; Siniarka & Koziel, 2010; Botyar & Khoramroudi, 2018). La exposición de las mujeres a la radiación UV tuvo efectos beneficiosos sobre el crecimiento fetal y la presión arterial durante el período de embarazo. Sin embargo, dado que este tema no se ha estudiado ampliamente en el pasado, los resultados de estudios previos deben generalizarse con sumo cuidado y cautela. Por tanto, se sugiere que se realicen más estudios en esta área.

## Referencias

- Agarwal, N.; Aiyar, A.; Bhattacharjee, A.; Cummins, J.; Gunadi, C.; Singhanian, D.; Taylor, M. & Wigton-Jones, E. (2017): "Month of birth and child height in 40 countries" *Economics Letters*, 157, pp. 10-13.
- Arndt, Ch., Hussain M.A., Salvucci, V. & Østerdal, L.P. (2016). Effects of food price shocks on child malnutrition: The Mozambican experience 2008/2009. *Economics & Human Biology*, 22, 1-13.
- Banegas, J.R., Rodríguez-Artalejo, R., Graciani, A., De La Cruz, J.J., Gutiérrez-Fisac, J.L. (2001). Month of birth and height of Spanish middle-aged men. *Ann Hum Biol.* 28: 1, 15-20.
- Bassino, J.P., Lagoarde-Segot, T., Woitek, U. (2020). The irreversible welfare cost of climate anomalies. Evidence from Japan (1872-1917). Institute of Economic Research, Hitotsubashi University. Discussion paper series A; No. 704.
- Baten J. (2002). Human Stature and Climate: The Impact of Past Climate on Living Standards. In: Wefer G., Berger W.H., Behre KE., Jansen E. (eds) *Climate Development and History of the North Atlantic Realm*. Springer, Berlin, Heidelberg. pp 327-338
- Bauer, J.M. & Mburu, S. (2017). Effects of drought on child health in Marsabit District, Northern Kenya. *Economics & Human Biology*, 24, 74-79.
- Bogin, B. (1978): "Seasonal Pattern in the Rate of Growth in Height of Children Living in Guatemala", *American Journal of Physical Anthropology*, 49, pp. 205-210
- Bollen, A.M., Hujoel, P.P. 2020. Effect of birth season on anthropometrics and diseases of bone mineralization in the US population. *American Journal of Human Biology*. 22: e23507.
- Botyar, M., Khoramroudi, R. (2018). Ultraviolet radiation and its effects on pregnancy: A review study. *Journal of Family Medicine and Primary Care*. 7(3), 511-514.
- Brabec, M. et al. (2018). Birth seasons and heights among girls and boys below 12 years of age: lasting effects and catch-up growth among native Amazonians in Bolivia. *Ann. Hum. Biol.* 45, 299–313.
- Breiman, L. (2001): Random Forests. *Machine Learning* 45, 5-32.
- Bruckner, T.A., Modin, B., Vågerö, D. (2014). Cold ambient temperature in utero and birth outcomes in Uppsala, Sweden, 1915-1929. *Annals of Epidemiology*; 24(2), 116-21.
- Cámara, A.D., Martínez-Carrión, J.M., Puche, J. & Ramon-Muñoz, J.M. (2019). Height and inequality in Spain: a long-term perspective. *Revista de Historia Económica. Journal of Iberian and Latin American Economic History*, 37 (2), 205–238.
- Cañabate, J., Martínez-Carrión, J.M. (2017). Poverty and stature in rural inland in Spain during the nutritional transition. *Historia Agraria*, 71, 109-142.
- Carson, S. A. (2009). Geography, insolation, and vitamin D in nineteenth century US African-American and white statures. *Explorations in Economic History*, 46 (1), 149-159.
- Davenport, F., Grace, K., Funk, C. & Shukla, S. (2017). Child health outcomes in sub-Saharan Africa: A comparison of changes in climate and socio-economic factors. *Global Environmental Change*, 46, 72-87.
- Day, F.R., Forouhi, N.G., Ong, K.K. & Perrya J.R.B. (2015). Season of birth is associated with birth weight, pubertal timing, adult body size and educational attainment: a UK Biobank study. *Heliyon* 1(2): e00031.

- Doblhammer, G. & Vaupel, J.W. (2001). Lifespan depends on month of birth. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 98 (5), 2934-2939. <https://doi.org/10.1073/pnas.041431898>
- Douros, K., Fytanidis, G. & Papadimitriou, A. (2019). Effect of the month of birth on the height of young adult males. *American Journal of Physical Anthropology*, 170(3), 447-450.
- Fangliang, L., Shanshan, L., Baibing M., Danmeng, L., Jiaomei, Y., Pengfei, Q., Ruo Zh., Xiaofeng, Z., Jia, Y., Shaonong, D., Hong, Y. (2017). Association between birth season and physical development in children under 3 years old residing in low-income counties in western China. *Plos One* 12 (11): e0187029.
- Fitt, A. B. (1955). The heights and weights of men according to month of birth. *Hum. Biol.* 27, 138–142.
- Galofré-Vilà, G., Guntupalli, A.M., Harris, B. & Hinde, A. (2018). Climate Effects and Stature since 1800. *Social Science History* 42, 763–794.
- Galofré-Vilà, G., Martínez-Carrión, J.M. & Puche-Gil, J. (2018). Height and climate in Mediterranean Spain, 1850-1949. *The Journal of Interdisciplinary History*, 49, 2, 247-277.
- Grosso, V. & Kraehnert, K. (2016). Extreme Weather Events and Child Height: Evidence from Mongolia. *World Development*, 86, 59-78.
- Hemati, Z., Keikha, M., Riahi, R., Daniali, S.S., Goudarzi, M., Kelishadi, R. (2020). A systematic review on the association of month and season of birth with future anthropometric measures. *Pediatr Res* 19.
- Henneberg, M. & Louw, G. J. (1993). Further studies on the month-of-birth effect on body size: rural schoolchildren and an animal model. *Am. J. Phys. Anthropol.* 91, 235–244.
- Hillman, R. W. & Conway, H. C. (1972). Season of birth and relative body weight. *Am. J. Clin. Nutr.* 25, 279–281.
- Jensen CB, Gamborg M, Raymond K, McGrath J, Sørensen TI, Heitmann BL. (2015). Secular trends in seasonal variation in birth weight. *Early Hum Dev.* 91(6):361-5.
- Kihlbohm, M., & Johansson, S. (2004). Month of birth, socioeconomic background and development in Swedish men. *Journal of Biosocial Science*, 36(5), 561-571.
- Kościński K, Krenz-Niedbała M, Kozłowska-Rajewicz A. (2004). Month-of-birth effect on height and weight in Polish rural children. *Am J Hum Biol.* 16(1):31-42.
- Kramer, R.S.S. (2016). No effect of birth month or season on height in a large international sample of adults. *Anthropological Review*, 79 (2), 211–215.
- Lehmann, A., Scheffler, Ch., Hermanussen, M. (2010). Evidence of seasonal variation in longitudinal growth of height in a sample of boys from Stuttgart Carlsschule, 1771–1793, using combined principal component analysis and maximum likelihood principle. *Homo*, 61(1), 59-63.
- Lei, F., Li, S., Mi, B., Liu, D., Yang, J., Qu, P., et al. (2017). Association between birth season and physical development in children under 3 years old residing in low-income counties in western China. *PLoS One* 12(11): e0187029.
- Lokshin, M & Radyakin, S (2012). Month of Birth and Children's Health in India. *J. Human Resources* 47:174-203.
- Lv, J. et al. (2015). The associations of month of birth with body mass index, waist circumference, and leg length: findings from the China Kadoorie Biobank of 0.5 million adults. *J. Epidemiol.* 25, 221–230.
- Ma K, Wei SQ, Bi WG, Weiler HA, Wen SW. (2021). Effect of Vitamin D Supplementation in Early Life on Children's Growth and Body Composition: A

- Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Nutrients* 5;13(2):524.
- Martínez-Carrión, J.M. (2016). Living Standards, Nutrition and Inequality in the Spanish Industrialization. An Anthropometric View. *Revista de Historia Industrial*, XXV (64), 11-50.
- McGrath, J. J., Saha, S., Lieberman, D. E. & Buka, S. (2006). Season of birth is associated with anthropometric and neurocognitive outcomes during infancy and childhood in a general population birth cohort. *Schizophrenia Res.* 81, 91–100.
- McGrath, J., Barnett, A., Eyles, D. et al. (2007). The impact of nonlinear exposure-risk relationships on seasonal time-series data: modelling Danish neonatal birth anthropometric data. *BMC Med Res Methodol* 7, 45.
- Moradi, A. (2012). Climate, height and economic development in sub-Saharan Africa. *Journal of Anthropological Sciences*, 90, 1-4.
- Ogasawara, K., & Yumitori, M. (2019). Early-life exposure to weather shocks and child height: Evidence from industrializing Japan. *SSM - Population Health*, 7, 100317.
- Phillips, D. I. W. & Young, J. B. (2000): Birth weight, climate at birth and the risk of obesity in adult life. *Int. J. Obes.* 24, 281–287.
- Pomeroy, E., Wells, J.C., Stanojevic, S., Miranda, J.J., Cole, T.J., & Stock, J.T. (2014). Birth month associations with height, head circumference, and limb lengths among Peruvian children. *American Journal of Physical Anthropology*, 154(1), 115-124.
- Puch, E., Krenz-Niedbała, M. & Chrzanowska, M. (2008). Body height differentiation by season of birth: girls from Cracow, Poland. *Anthropological Review* 71 (1), 3-16.
- Randell, H., Gray, C. & Grace, K. (2020). Stunted from the start: Early life weather conditions and child undernutrition in Ethiopia, *Social Science & Medicine*, 261, 113234,
- Rashid, H., Kagami, M., Ferdous, F., Ma, E., Terao, T., Hayashi, T., Wagatsuma, Y. (2017). Temperature during pregnancy influences the fetal growth and birth size. *Tropical Medicine and Health*. 45(1).
- Rosset, I, Żądzińska, E, Strapagiel, D, Grzelak, A, and Henneberg, M. (2017). Association between body height and month of birth among women of European origin in northern and southern hemispheres. *American Journal of Human Biology*. 29: e22967.
- Roth DE, Perumal N, Al Mahmud A, Baqui AH. (2013). Maternal vitamin D3 supplementation during the third trimester of pregnancy: effects on infant growth in a longitudinal follow-up study in Bangladesh. *J Pediatr*. Dec;163(6):1605-1611.e3.
- Schwekendiek, D., Pak, S., Kim, H.K. (2009). Variations in the birth-season effects on height attainment in the two Koreas. *Annals of Human Biology*, 36(4), 421-30.
- Siniarska A, Koziel S. (2010). Association of birth weight and length with air temperature, sunlight, humidity and rainfall in the city of Warsaw, Poland. *Homo*. 61(5):373-80.
- Sohn, K. (2015). The influence of birth season on height: Evidence from Indonesia. *American Journal of Physical Anthropology*, 157(4), 659–665.
- Soreca, I., Cheng, Y., Frank, E., Fagiolini, A. & Kupfer, D. J. (2013). Season of birth is associated with adult body mass index in patients with bipolar disorder. *Chronobiol. Int.* 30, 577–582.
- Strand, L.S., Barnett, A.G., Tong, S. (2011). The influence of season and ambient temperature on birth outcomes: A review of the epidemiological literature. *Environmental Research*, 111 (3), 451-462.
- Tanaka, H. et al. (2007). Correlation of month and season of birth with height, weight and degree of obesity of rural Japanese children. *J. Med. Invest.* 54, 133–139.

- Thiede, B.C. & Strube, J. (2020). Climate variability and child nutrition: Findings from sub-Saharan Africa. *Global Environmental Change*, 65, 102192.
- Vaivada, T., Akseer, N., Akseer, S., Somaskandan, A., Stefopoulos, M., & Bhutta, Z.F. (2020). Stunting in childhood: an overview of global burden, trends, determinants, and drivers of decline, *The American Journal of Clinical Nutrition*, 112, 777S–791S,
- Waldie, K.E., Poulton, R., Kirk, I.J., Silva, P.A. (2000). The effects of pre- and post-natal sunlight exposure on human growth: evidence from the Southern Hemisphere. *Early Human Development*, 60(1), 35-42.
- Weber, G., Prossinger, H. & Seidler, H. (1998). Height depends on month of birth. *Nature* 391, 754–755 (1998).
- Wineman, A., Mason, N.M., Ochieng, J. & Kirimi, L. (2017). Weather extremes and household welfare in rural Kenya. *Food Security*, 9 (2), 281–300.
- Wohlfahrt J, Melbye M, Christens P, Andersen AM, Hjalgrim H. (1998). Secular and seasonal variation of length and weight at birth. *Lancet*. Dec 19-26;352.
- Zhang, W. (2011). Month of birth, socioeconomic background and height in rural Chinese men. *Journal of Biosocial Science*, 43(6), 641-656.