

# Entendiendo los factores que intervienen en los beneficios y costos de la fortificación del arroz

## Stephen A. Vosti

Universidad de California-Davis, Departamento de Economía Agrícola y de Recursos Naturales, Davis, California, USA

## Belinda Richardson

John Snow, Inc., SPRING, Consultora de Análisis de Costos de Proyecto, Davis, California, USA

## Reina Engle-Stone

Universidad de California-Davis, Departamento de Nutrición, Davis, California, USA

## Hanqi Luo

Universidad de California-Davis, Grupo de Posgrado de Epidemiología y Programa de Nutrición Internacional y Comunitaria, Davis, California, USA

### Mensajes clave

- Los alimentos de consumo básico fortificados son uno de los muchos programas alternativos para abordar las deficiencias de micronutrientes en los países en desarrollo. Su efectividad dependerá, en parte, de la medida del impacto seleccionada y de las dietas de la población beneficiaria objetivo, que pueden variar espacialmente y entre grupos socioeconómicos. Sus costos dependerán de las tecnologías de fortificación seleccionadas y de las escalas en que se realicen.
- En este documento se utilizan datos detallados de la ingesta dietética de Camerún para demostrar los efectos de las definiciones alternativas de “éxito” en el impacto previsto del programa.

- En él también se presentan estimaciones de costos para la producción a mediana escala de granos de arroz fortificados en la República Dominicana y se analizan varias consideraciones económicas para llevar a escala la fortificación del arroz.
- La tecnología de extrusión en caliente de doble husillo a mediana y gran escala ya existe en el país. Basándose en tecnologías de producción de media escala establecidas, el costo promedio estimado de la producción de granos de arroz fortificados es de US\$ 1.76 por kg. Con base en los hábitos de consumo de arroz en la República Dominicana, la fortificación del arroz parece ser una buena apuesta para aumentar la ingesta de micronutrientes.
- Sin embargo, algunas medidas de impacto (por ejemplo, la cobertura efectiva) pueden sugerir que se lleven a cabo programas distintos de fortificación del arroz, quizás a nivel sub-nacional.
- Independientemente de las opciones programáticas para la fortificación con micronutrientes, se requerirá de financiamiento para la recolección y el análisis de datos de monitoreo y evaluación.
- La fortificación del arroz aún no ha comenzado en el país, las empresas privadas que están preparadas para producir granos de arroz fortificados están en diferentes etapas de ensayos, y las regulaciones gubernamentales con respecto a las premezclas aún están en desarrollo.
- Independientemente de las regulaciones eventuales y a pesar del muy alto consumo promedio de arroz per cápita en la República Dominicana, un país relativamente pequeño, probablemente surja un exceso de capacidad

nacional para producir granos de arroz fortificados; la capacidad sub-utilizada puede complicar las colaboraciones público-privadas emergentes y también podría aumentar el costo de un programa nacional de fortificación del arroz.

## Introducción

Las deficiencias de vitaminas y minerales (micronutrientes [MN]) son comunes en los países en desarrollo y de bajos ingresos, especialmente entre los niños pequeños y las mujeres en edad reproductiva debido a sus requerimientos de MN relativamente altos.<sup>1,2,3</sup> Las consecuencias económicas pueden ser grandes,<sup>4,5</sup> y al atender dichas deficiencias de micronutrientes se espera que sea muy costo efectivo.<sup>6</sup> Se han identificado conjuntos de programas de intervenciones con MN con los mejores resultados,<sup>7</sup> aunque aún existen vacíos de información en cuanto a su efectividad y rentabilidad a nivel sub-nacional y a lo largo del tiempo.<sup>8</sup>

A nivel de país, se deben tomar varias decisiones antes de seleccionar los programas de intervención de MN apropiados. Primero, las medidas de impacto deben ser seleccionadas y acordadas. Hay muchas opciones disponibles, las más importantes entre ellas son:<sup>9</sup>

- **Alcance:** el número (o %) de individuos que reciben los beneficios de un programa, independientemente de sus necesidades individuales o de las cantidades de MN recibidas;
- **Cobertura:** el número (o %) de individuos con deficiencias de micronutrientes que reciben los beneficios del programa, independientemente de las cantidades de MN recibidas; y
- **Cobertura efectiva:** el número (o %) de individuos con una ingesta dietética insuficiente que logran una ingesta dietética adecuada debido a la (s) intervención (es) del programa.

Diferentes medidas de impacto a menudo apuntarán a diferentes combinaciones de intervenciones costo-efectivas.

## “Primero, las medidas de impacto deben ser seleccionadas y acordadas”

En segundo lugar, debe identificarse el grupo o grupos beneficiarios objetivo; diferentes grupos (p. ej., niños pequeños vs. mujeres de edad reproductiva) pueden tener diferentes necesidades de MN y consumir diferentes cantidades de diferentes tipos de alimentos, por lo tanto, no se espera que los programas de fortificación de alimentos afecten a todos los individuos por igual.

En tercer lugar, incluso en los países pequeños, las deficiencias de MN podrían no estar distribuidas uniformemente en el territorio; si hay diferencias regionales en las necesidades (norte versus sur, urbano versus rural) y si existen opciones programáticas, los tomadores de decisiones pueden estar en posición de elegir dónde intervenir.

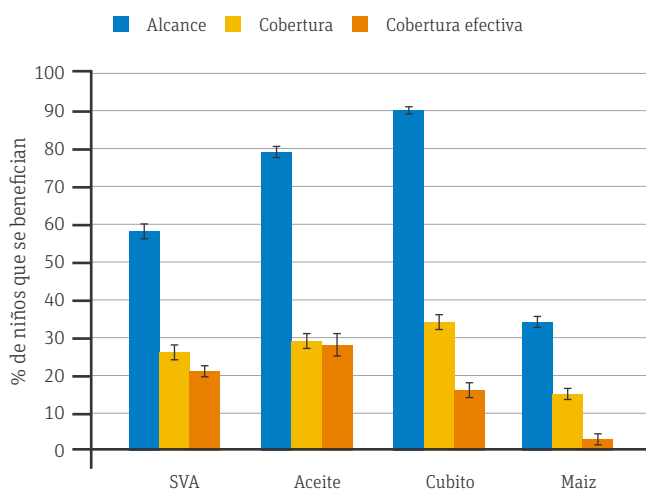
Finalmente, el momento en el que se interviene a menudo es importante para responder a las deficiencias de MN; algunos programas son más rápidos de lanzar, pero menos rentables a largo plazo, otros requerirán períodos más largos para ponerlos en marcha, pero pueden demostrar ser más rentables a largo plazo. Por lo tanto, es posible que se requieran combinaciones de programas que comienzan/terminan lo largo del tiempo para tratar la evolución de problemas de deficiencia de MN; desarrollar una estrategia de este tipo requiere una planificación a largo plazo.

Este documento aborda los tres primeros temas. En la siguiente sección se utiliza un modelo de beneficios nutricionales basado en datos de ingestas dietéticas individuales representativas a nivel nacional de Camerún para demostrar las diferencias entre los indicadores de impacto del programa de intervención con MN. La tercera sección utiliza el mismo modelo para evaluar los efectos del programa de fortificación del arroz hipotético en mujeres de edad reproductiva en tres macrorregiones separadas de Camerún. En la sección cuatro se examinan los costos de la fortificación del arroz en la República Dominicana utilizando tecnología de extrusión en caliente a mediana escala y se evalúa la capacidad nacional de producción de granos de arroz fortificado. La sección cinco ofrece conclusiones y algunas implicaciones de política pública.

## Medidas alternativas de impacto de un programa de intervención con MN

Diferentes medidas de impacto pueden dar respuestas muy diferentes a la pregunta ‘¿cuán exitosos son los programas de intervención con MN actuales/planificados?’ La **Figura 1** reporta estimaciones generadas por el modelo de beneficios nutricionales del Proyecto de Modelación de Intervención de Micronutrientes (MINIMOD)<sup>9</sup> del alcance, la cobertura y la cobertura efectiva de cuatro plataformas alternativas para suministrar vitamina A (VA) a niños pequeños en áreas urbanas en Camerún: suplementación con VA (SVA) en altas dosis entregados a través de los Días de Salud Infantil, aceites comestibles fortificados (aceite) y cubitos de caldo (cubito) entregados a través de puntos de venta comerciales y maíz biofortificado.<sup>9,10</sup> Si la medida de impacto seleccionada es simplemente alcanzar a los beneficiarios objetivo, entonces los cubitos de caldo, que fueron consumidos por casi el 95% de los individuos encuestados el día anterior, es la opción ganadora. Si la medida de impacto es sólo alcanzar a aquellos con deficiencia de VA, entonces los cubitos de caldo y el aceite fortificados y el SVA se convierten en

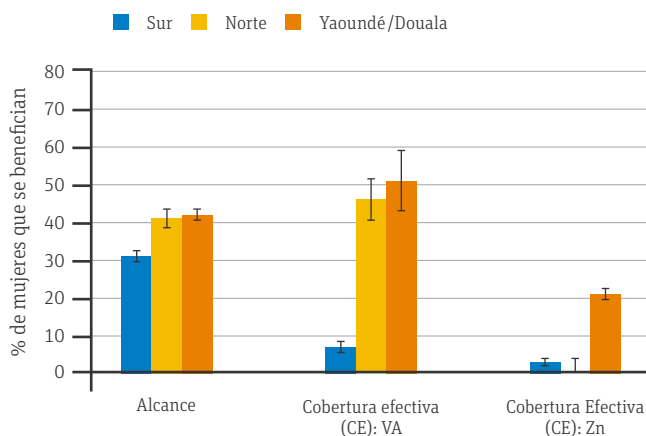
**FIGURA 1:** Alcance, cobertura y cobertura efectiva prevista de las plataformas alternativas de entrega de vitamina A\*: Niños urbanos, 6–59 meses de edad, Camerún



\*Ejemplo de datos para los programas de vitamina A administrados a niños de 6 a 59 meses de edad en Yaoundé / Douala, Camerún (2009). SVA representa una dosis alta de suplementos de VA proporcionados a través de las campañas nacionales del Día de la Salud Infantil. El aceite, el cubito y el maíz representan, respectivamente, aceite comestible fortificado, cubos de caldo fortificado y maíz biofortificado. El aceite asume valores de fortificación medidos (objetivo del 44%). El cubo y el maíz asumen 100% (bio) fortificado.

**Fuente:** Datos del Proyecto MINIMOD, cálculos de los autores.

**FIGURA 2:** Efectos pronosticados de la fortificación del arroz con VA y zinc\*: Mujeres en Camerún, por macro-región y por medida de impacto del programa



\*Asume que se añadieron 5,9 mg/kg de vitamina A y 95 mg/kg de zinc a arroz;<sup>24</sup> Se asume que el 100% del arroz consumido se fortifica en este escenario muy optimista.

**Fuente:** Datos del Proyecto MINIMOD, cálculos de los autores.

competidores cercanos, todos con medidas de impacto previsto por debajo del 50%. Por último, si el objetivo es elevar la ingesta dietética de VA entre los individuos con baja ingesta a una ingesta adecuada de VA, por ejemplo, si la cobertura efectiva se selecciona como medida de impacto, entonces el aceite fortificado

y SVA son claramente los programas de intervención con MN superiores en dicho escenario y para este grupo de beneficiarios, para los parámetros del programa modelados (alcance y los niveles de fortificación) y para ese grupo de beneficiarios. Sin embargo, ninguno de estos programas llega a un gran porcentaje de niños necesitados, señalando la importancia de seleccionar combinaciones de programas que puedan abordar más completamente las deficiencias de VA.

### Predicción de los impactos del arroz fortificado en Camerún

Debido a que las dietas varían espacialmente y entre los grupos socioeconómicos, se esperaría que los patrones de los efectos de los programas de intervención MN también variaran en esas dimensiones. La **Figura 2** muestra los efectos estimados de la introducción hipotética de arroz fortificado en las dietas de las mujeres de edad reproductiva en Camerún (asumiendo que se añadieron 5,9 mg/kg de vitamina A y 95 mg/kg de zinc al 100% del arroz consumido). Las primeras tres columnas ilustran el alcance del arroz fortificado; un menor número de mujeres en edad reproductiva en la macro-región del sur de Camerún consumen arroz, comparado a las mujeres en las macro-regiones del norte de la ciudad, y por lo tanto, en promedio las mujeres de edad reproductiva en el sur se benefician menos de la intervención con MN. Quizás lo más importante, el segundo y tercer trío de columnas reportan una cobertura efectiva para la VA y para el zinc absorbible. Debido a las diferencias inter-macro-regionales en las dietas, y especialmente en las ingestas de VA y zinc, se pronostica que las mujeres de edad reproductiva de las principales ciudades se beneficiarán mucho más de un programa de fortificación del arroz que sus contrapartes en el sur.

### La capacidad y el costo de la fortificación del arroz en la República Dominicana

Si bien existen varias tecnologías para la fortificación del arroz,<sup>11</sup> no todas las tecnologías son apropiadas para todos los países en desarrollo por motivos culturales y económicos. En la República Dominicana, al igual que en muchos países en desarrollo, los consumidores en todos los niveles socioeconómicos seleccionan cuidadosamente los granos de arroz imperfectos y los desechar, y practican el lavado intensivo del arroz antes de la cocción.<sup>12</sup> Por lo tanto, es probable que la extrusión sea la tecnología más viable para introducir y preservar los niveles adecuados de micronutrientes en el arroz, así como para preservar el color y el sabor del arroz que los consumidores reconocen y demandan.<sup>12,13</sup> Normalmente, el alto costo de establecimiento y de la operación mediante extrusión en caliente es una barrera para la fortificación del arroz.<sup>14</sup> Sin embargo, en los últimos años la industria privada en la República Dominicana ha invertido en la tecnología de extrusión en caliente a grande y mediana escala. Esta sección explora los costos estimados de

**TABLA 1:** Capacidad productiva de las empresas extrusoras de arroz en la República Dominicana (TM de granos extruidos/mes)

Mediana escala*	Gran escala
240	1,200

\* La capacidad productiva de la tecnología a mediana escala se determina en operar cuatro o cinco extrusores, cinco días a la semana, 20 horas por día.

**Fuente:** Cálculos de los autores basados en los datos provistos por los productores de granos de arroz extruido.

la fortificación del arroz a mediana escala usando la tecnología de extrusión en caliente y varias consideraciones económicas para ampliar la fortificación del arroz usando esta tecnología en la República Dominicana.

“Si bien existen varias tecnologías para la fortificación del arroz, no todas las tecnologías son apropiadas para todos los países en desarrollo por motivos culturales y económicos”

Dos empresas procesadoras de arroz han comprado e instalado máquinas de extrusión en caliente de doble tornillo, una tecnología que ha demostrado producir granos reconstituidos con “integridad, sabor y textura superiores” en comparación con otros tipos de tecnologías de extrusión o fortificación.<sup>15</sup> En

este documento se clasifica un productor de gran escala de granos de arroz extruidos y otro como productor de mediana escala del mismo producto. Si bien es algo arbitrario, la distinción de escala utilizada se basa en el tipo de tecnología de extrusión disponible en cada instalación en términos de costo de las extrusoras y capacidad productiva (ver **Tabla 1**).

Utilizando el consumo promedio anual de arroz en la República Dominicana<sup>16</sup> y asumiendo una mezcla 1:200 de mezcla fortificada a no fortificada,<sup>13,17</sup> las necesidades nacionales anuales de granos de arroz fortificados son de aproximadamente 2.700 toneladas métricas. La tecnología instalada de extrusión a mediana escala podría satisfacer la demanda nacional en aproximadamente un año; la tecnología instalada a gran escala podría hacerlo en unos tres meses. Las especificaciones de micronutrientes para la República Dominicana aún están siendo desarrolladas por el Ministerio de Salud Pública en colaboración con USAID, DSM, socios regionales y otras entidades internacionales de investigación en nutrición.<sup>13,18</sup> Una vez establecidas dichas especificaciones se producirá la premezcla con MN para extrusores de granos de arroz y los productores ajustarán las extrusoras para garantizar la producción de granos de arroz fortificados que serán esencialmente indistinguibles de los granos comunes por los consumidores.

El costo estimado de la fortificación del arroz que se presenta a continuación se basa en datos de una tecnología de producción de extrusión en caliente de mediana escala. Estos datos se basan en los costos reales de establecimiento y los costos operacionales esperados. Las **Tablas 2 y 3** presentan un resumen de los costos estimados. Los principales factores que influyen en los costos anuales de los insumos son la electricidad y el arroz

**TABLA 2:** Costos anuales de la producción de granos fortificados utilizando tecnología de mediana escala en la República Dominicana (miles US\$<sup>a</sup>)

Capital e intereses en los costos de establecimiento <sup>b</sup> (Incluye maquinaria, nuevos edificios/estructura, 5.5% interés anual compuesto)	US\$219
Costos anuales de operación de la planta <sup>c</sup> (Incluye mano de obra, electricidad, mantenimiento/repares, control de calidad)	US\$1,163
Costos anuales de compra de insumos (Incluye el arroz partido, premezcla de vitaminas y minerales)	US\$3,692
<b>Costos anuales totales<sup>d</sup></b> (Excluye mezclado, empaquetado y costos del sector público)	<b>US\$5,074</b>

<sup>a</sup> 2016 USD

<sup>b</sup> Asume un interés anual compuesto del 5.5% y una vida útil de los extrusores y edificios de aproximadamente 10 años, de acuerdo a los estimados de la industria privada

<sup>c</sup> La capacidad productiva de la tecnología a mediana escala se determina en operar cuatro o cinco extrusores, cinco días a la semana, 20 horas por día.

<sup>d</sup> Se basa en una producción anual de 2,880 MT. Excluye los costos de mezclado para el sector privado y los costos de manejo del programa, así como monitoreo y evaluación para el sector público.

**Fuente:** Cálculos de los autores basados en datos proporcionados por el productor de mediana escala durante las visitas a la fábrica.



Una niña guatemalteca, 2012

partido (el insumo principal en el proceso de extrusión), que constituyen aproximadamente el 22% de los costos cada uno, y la premezcla fortificada, que constituye casi el 52% de los costos anuales recurrentes.

Existen costos adicionales del sector privado que no han sido incluidos en este cálculo y que deben tenerse en cuenta. Específicamente, los costos del sector privado de mezclar granos fortificados con granos de arroz no fortificados y empaquetarlos

**TABLA 3:** Costo para la industria privada de la producción de granos de arroz fortificado con tecnología de mediana escala (miles US\$<sup>a</sup>)

<b>Costo total del establecimiento de inversiones de capital</b>	<b>US\$1,715,860</b>
(Incluye maquinaria, nuevos edificios/estructuras, mano de obra y electricidad para instalación y pruebas)	
Costo estimado por MT de granos de arroz símil fortificado <sup>b</sup>	US\$1,762
(\$5,074,000/año ÷ 2,880 MT/año)	
Costo para satisfacer las necesidades nacionales anuales estimadas de grano símil de arroz fortificado	US\$4,757,400
(\$1,762/MT * 2,700 MT/año)	

<sup>a</sup> 2016 US\$

<sup>b</sup> Nuestra estimación de US\$ 1.76/kg de granos de arroz símil fortificados incluye el costo del arroz partido como insumo clave y cae dentro del rango de costos estimado por otros autores, por ejemplo, las estimaciones de DSM son US\$ 4.10/kg de granos de arroz símil fortificados para una premezcla formulada para tratar la anemia y US\$ 2.10/kg de granos de arroz símil fortificados para una premezcla alternativa, y Alavi et al. proporcionan una estimación de US\$ 1.19/kg de granos de arroz símil fortificados.

**Fuente:** Cálculos de los autores basados en datos proporcionados por el productor de mediana escala durante las visitas a la fábrica.

no se consideran aquí. Si se introduce la fortificación obligatoria del arroz, los pequeños molineros de arroz que carecen de tecnología para producir granos de arroz fortificados tendrían que comprar granos fortificados y las máquinas para mezclarlos con arroz blanqueado no fortificado. Se espera que los costos de maquinaria y mezcla sean pequeños y distribuidos entre un gran número de molineros de arroz. Por otra parte, el costo de los granos de arroz fortificados podría aumentar considerablemente el costo total de los insumos para todos los molineros de arroz, especialmente los que se dedican a la elaboración y comercialización de arroz de calidad inferior y de granos partidos. Tal vez lo más importante, los costos del sector público asociados con la gestión del programa de fortificación del arroz, incluyendo la supervisión de la calidad del arroz en los mercados al por mayor y al por menor, no se abordan en el documento.

“Dada la gran cantidad de arroz consumido por todos los segmentos de la población en la República Dominicana, la fortificación del arroz es una plataforma de distribución costo-efectiva probable para abordar las deficiencias de MN”

### Conclusiones e implicaciones de política pública

Dada la gran cantidad de arroz consumido por todos los segmentos de la población en la República Dominicana, la fortificación del arroz es una plataforma de distribución costo-efectiva probable para abordar las deficiencias de MN. Sin embargo, deben tomarse en cuenta algunas advertencias.



En primer lugar, si bien el arroz fortificado puede ser una excelente plataforma para llegar a los beneficiarios seleccionados, puede no ofrecer las cantidades suficientes de MN específicos para alcanzar los objetivos de ingesta dietética, especialmente para los niños pequeños, quienes tienen altas necesidades de MN en relación con su ingesta total de alimentos.

En segundo lugar, en vista de lo anterior puede ser necesario combinar diferentes intervenciones de MN para alcanzar los objetivos generales del programa de MN y podría ser necesario focalizar algunas de ellas a grupos geográficos o socioeconómicos específicos.<sup>21</sup> Se debe brindar atención particular a las poblaciones pobres en áreas rurales, quienes tienden a consumir arroz producido por ellos mismos y, por lo tanto, sin fortificar.<sup>22</sup>

En tercer lugar, un programa obligatorio de fortificación del arroz aumentará el precio del arroz; la cuestión de quién pagará el aumento de precio es una decisión política. Una opción es transferir algunos o el total del aumento de costos a los consumidores; dado que algunos de los beneficios de la fortificación del arroz se sumarán a los mismos consumidores, es razonable que ellos tengan que soportar parte de los costos. Sin embargo, es probable que el sector público también se beneficie de la fortificación del arroz a través de (por ejemplo) la reducción de los costos de salud pública y, por lo tanto, debe asumir parte del costo. Por último, los diversos subsectores de la economía del arroz, incluidos los importadores, también pueden ser llamados a cubrir algunos de los costos del programa de fortificación del arroz. Finalmente, y como siempre, identificar qué grupos en la sociedad cubren los costos del programa será el resultado de una negociación y deberá revisarse periódicamente.

En cuarto lugar, la capacidad instalada de extrusión en caliente en la República Dominicana ya supera las necesidades nacionales anuales estimadas para la producción fortificada de granos de arroz. La capacidad infrautilizada podría elevar el costo de los granos fortificados producidos en el país, así como socavar los incentivos para invertir en capacidad de extrusión. Existen también fuentes internacionales de granos de arroz fortificados. Por lo tanto, un elemento clave de la estrategia nacional de fortificación del arroz será determinar la fuente o fuentes de granos fortificados, los precios que deben pagarse y por quién, y los acuerdos contractuales que vinculan a los productores de granos fortificados y segmentos del sector público encargados de administrar y supervisar el programa de fortificación.

Por último, la recopilación y el análisis de la ingesta dietética y los datos de biomarcadores – necesaria para monitorear, evaluar y ajustar la fortificación del arroz y otros programas de MN – debe ser un componente presupuestado y financiado en cualquier estrategia nacional de MN y puesto en marcha antes de que se inicie el programa.

### Agradecimientos

Agradecemos los importantes aportes y contribuciones de la Dra. Susana Santos, Svetlana Afanasieva y Víctor Medina del Ministerio de Salud Pública de la República Dominicana, División de Nutrición; la Sra. Andrea Cabral del INCAP República Dominicana; y de las industrias privadas que aportaron su tiempo y conocimiento de la fortificación del arroz. Un agradecimiento muy sincero a Laura Irizarry por su orientación y apoyo en temas administrativos y científicos a través de este proyecto – este documento no existiría si no fuera por su ayuda. Agradecemos especialmente al difunto Sr. Anselmo Aburto del Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP) República Dominicana por su experiencia y asesoramiento.

### Referencias

1. World Health Organization. Global Prevalence of Vitamin A Deficiency in Population at Risk 1995–2005. WHO Global Data Base on Vitamin A Deficiency. Geneva: World Health Organization, 2009.
2. Wessells KR, Brown KH. Estimating the global prevalence of zinc deficiency: Results based on zinc availability in the national food supply and the prevalence of stunting. *PLoS ONE* 2012;7(11):e50568.
3. World Health Organization. Iron Deficiency Anemia: Assessment, Prevalence, and Control. A guide for Program Managers. Geneva: World Health Organization, 2001 (WHO/NHD/01.3).
4. Alderman H. The economic cost of a poor start to life. *J Dev Orig Health Dis* 2010;1(1):19–25.
5. Hoddinott J, Behrman J, Maluccio J et al. Adult consequences of growth failure in early childhood. *Am J Clin Nutr* 2013;98(5):1170–1178.
6. Copenhagen Consensus. Third Copenhagen Consensus Outcome Document. Copenhagen, Denmark: Copenhagen Consensus Center, 2012.
7. Bhutta ZA, Das JK, Rizvi A et al. Evidence-Based Interventions for Improvement of Maternal and Child Nutrition: What Can Be Done and at What Cost? *Lancet* 2013;382 (9890): 452–77. doi:10.1016/S0140-6736(13)60996-4.
8. Brown KH, Engle-Stone R, Kagin J et al. Use of Optimization Modeling for Selecting National Micronutrient Intervention Strategies: An Example Based on Potential Programs for Control of Vitamin A Deficiency in Cameroon. *Food Nutr Bull* 2015;36(3): S141–S148.
9. Engle-Stone R, Nankap M, Ndjebayi AO et al. Estimating the Effective Coverage of Programs to Control Vitamin A Deficiency and Its Consequences among Women and Young Children in Cameroon. *Food Nutr Bull* 2015;36(3):S149–S171.
10. Kagin J, Vosti SA, Engle-Stone R et al. Measuring the Costs of Vitamin A Interventions: Institutional, Spatial and Temporal Issues in the Context of Cameroon. *Food Nutr Bull* 2015;36(3):S172–S192.

11. Global Alliance for Improved Nutrition (GAIN). Rice Landscape Analysis: Scaling up Rice Fortification in Asia. *Sight and Life* 2014.
12. Steiger G, Müller-Fischer N, Cori, H et al. Fortification of rice: technologies and nutrients. World Health Organization. *Ann N Y Acad Sci* 2014. Issue: Technical considerations for Rice Fortification in Public Health. Accessed September 2016, Online: [https://www.dsm.com/content/dam/dsm/nip/en\\_US/documents/fortification\\_of\\_rice-technologies\\_and\\_nutrients.pdf](https://www.dsm.com/content/dam/dsm/nip/en_US/documents/fortification_of_rice-technologies_and_nutrients.pdf).
13. Ministerio de Salud Pública de la República Dominicana. Dra. Susana Santos, Dra. Svetlana Afanasieva, Victor Medina. Personal interviews. Santo Domingo. 11 August 2016.
14. Piccoli N, Grede N, de Pee S et al. Rice Fortification: Its Potential for Improving Micronutrient Intake and Steps Required for Implementation at Scale. *Food Nutr Bull* 2012; 33:360–72.
15. Wang, N, Bhirud R, Sosulski FW et al. Pasta-like product from pea flour by twin-screw extrusion. *J Food Sci* 1999;64:671–678
16. Virgilio M. Dominican Republic Grain and Feed Annual, 2015. USDA Foreign Agricultural Service GAIN Report. 2015.
17. DSM. Camilla Passarella. Personal Interview. 7 November 2016.
18. Aburto A. Technical Coordinator, INCAP Dominican Republic. Personal interview. Santo Domingo. 11 August 2016.
19. Vosti SA, Kagin J, Engle-Stone R et al. An Economic Optimization Model for Improving the Efficiency of Vitamin A Interventions: An Application to Young Children in Cameroon. *Food Nutr Bull* 2015;36(3):S193–S207.
20. Menchú T, Mendez H, Dary O. La calidad de la dieta en República Dominicana aproximada con los datos de la ENIGH-2007. USAID 2012.
21. Miller LV, Krebs NF, Hambidge KM. A mathematical model of zinc absorption in humans as a function of dietary zinc and phytate. *J Nutr* 2007;137(1):135–41.
22. Alavi S, Bugusu B, Cramer G et al. Rice Fortification in Developing Countries: A Critical Review of the Technical and Economic Feasibility. A2Z Project / Academy for Educational Development, 2008.